

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 7 月 28 日 (28.07.2005)

PCT

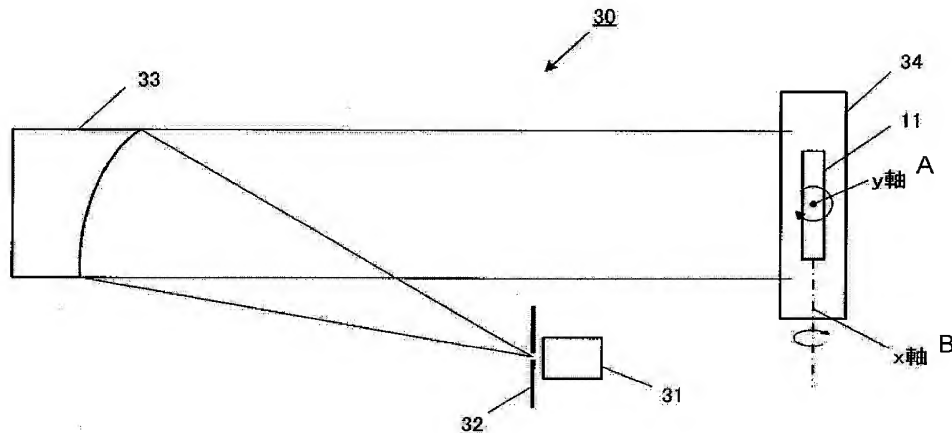
(10) 国際公開番号  
WO 2005/069216 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G06T 3/00, H04N 5/225 // 101:00 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/000289 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 荒木 信博 (ARAKI, Nobuhiro). 藁谷 克則 (WARAGAI, Katsunori).  
(22) 国際出願日: 2005 年 1 月 13 日 (13.01.2005) (74) 代理人: 大野 聖二, 外(OHNO, Seiji et al.); 〒1006036 東京都千代田区霞が関 3 丁目 2 番 5 号 霞が関ビル 3 6 階 大野総合法律事務所 Tokyo (JP).  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2004-008056 2004 年 1 月 15 日 (15.01.2004) JP  
特願2004-023349 2004 年 1 月 30 日 (30.01.2004) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP). (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

(54) Title: MEASURING METHOD FOR OPTICAL TRANSFER FUNCTION, IMAGE RESTORING METHOD, AND DIGITAL IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 光学的伝達関数の測定方法、画像復元方法、およびデジタル撮像装置



A... y-AXIS

B... x-AXIS

(57) Abstract: A measuring method for optical transfer function which scans an irradiation light from a light source (31) on an element to be measured out of imaging elements of an imaging camera in which an imaging optical system and the imaging elements are formed integrally by the irradiation light. The irradiation light is sequentially converted into electrical signals at the element to be measured and the electrical signals are output. Point spread data is generated based on the output electrical signals and it is subjected to Fourier transform to obtain optical transfer function. Accordingly, the measuring method for optical transfer function can suitably restore an image deterioration due to such causes as the location of an imaging optical system in an imaging camera and element-to-element cross talk.

(57) 要約: 本発明の光学的伝達関数の測定方法は、光源 (31) からの照射光によって、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの前記撮像素子のうちの被測定素子上にて前記照射光を走査する。そして、被測定素

[続葉有]



WO 2005/069216 A1



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

子にて照射光を逐次電気信号に変換して、電気信号を出力する。さらに、出力された電気信号に基づいて、点像強度分布データを生成し、これをフーリエ変換して光学的伝達関数を求める。これにより、撮像光学系の撮像カメラ内での配置や素子間のクロストーク等を含む要因による画像の劣化を好適に復元するための光学的伝達関数を測定する方法を提供する。

## 明 細 書

### 光学的伝達関数の測定方法、画像復元方法、およびデジタル撮像装置 技術分野

[0001] 本発明は、撮像カメラにて生成された画像を原画像に近い画像に補正するための光学的伝達関数の測定方法および画像の復元方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年の撮像カメラでは、撮像カメラの形状は小型化および薄型化され、それに伴って撮像光学系の全長が短縮され、構成レンズ枚数も削減されている。このような小型化および薄型化された撮像カメラでは、撮像光学系の解像性能を向上させることは困難であり、レンズの収差等の要因によって画像劣化が著しくなる。したがって、従来の小型化および薄型化された撮像カメラでは、撮像素子が高解像度化されているにもかかわらず、撮像光学系の解像性能が向上していないことから、撮像素子の解像度に見合うだけの画質の画像が得られていない。

[0003] 従来より、劣化画像を原画像に近い画像に復元する手法として、撮像カメラの撮像光学系に固有の光学的伝達関数を用いて劣化画像をデコンボリューション処理し、復元画像を得る手法が知られている。デコンボリューション処理は、例えば特開2002-24816号公報および特開2000-206446号公報などに開示されている。従来では、撮像カメラに用いるレンズ等の光学部品を測定装置に設置し、撮像素子の素子ピッチ以上の空間周波数をもつパターンを測定装置の投影面に投影してMTF (Modulation Transfer Function) を測定し、このMTF測定値を光学的伝達関数として用いている。デコンボリューション処理では、撮像光学系の性能に起因してぼけが生じている劣化画像に対して、画像劣化要因情報である光学的伝達関数を畳み込み積分する。このデコンボリューション処理により、劣化画像が原画像に近い高コントラストの画像に復元される。

### 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、高解像度化に伴って、撮像面を構成する素子の数は増大し、かつ、

各素子のサイズは小さくなっており、撮像素子のクロストークが画像劣化の原因として無視できないレベルになってきた。上記の従来の光学的伝達関数の測定方法においては、撮像カメラの撮像光学系のみを測定装置に設置して、MTFを測定している。すなわち、従来の画像復元方法では、撮像カメラの撮像光学系による劣化要因のみを示すMTFを光学的伝達関数として用いているため、撮像素子のクロストークが画像劣化の要因として考慮されていない。また、撮像光学系が実際に撮像カメラに備えられた際には、撮像光学系と撮像素子の位置関係によっては測定装置に設置された時とはフォーカス状態が異なることがある。これらの理由により、実際の撮像カメラで取得された画像が、光学的伝達関数を測定したときとは異なる要因によって劣化していることがあった。したがって、上記方法により求めた光学的伝達関数を用いたデコンボリューション処理によっては忠実に画像を復元できないことがあった。

[0005] さらに、従来の光学的伝達関数の測定方法においては、撮像光学系を撮像カメラから取り出して測定装置に設置する必要があったため、光学的伝達関数を得るために、撮像カメラの分解および再組立が必要であり、光学的伝達関数の測定は容易ではなかった。

[0006] また、デコンボリューション処理で画像を補正するための計算量は、補正対象となる画像(補正対象画像)の画素数のべき乗に比例するので、デジタル撮像装置の画素数が多くなるとデコンボリューション処理の処理負担が増大する。この処理負担の増大により、デジタル撮像装置では、高速のCPUや大容量のメモリが必要となり、また、電力の消費が大きくなる。デジタル撮像装置がバッテリーで駆動する携帯機器である場合には電力の消費が問題となる。

[0007] 本発明は、従来の問題を解決するためになされたものであって、より忠実に原画像を復元するための光学的伝達関数を簡易な方法で作成できる光学的伝達関数の測定方法を提供することを目的とする。また、デジタル撮像装置での処理負担を増大させることなく、デジタル撮像装置での撮像にて得られた画像を補正することのできる画像補正方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の光学的伝達関数の測定方法は、光源から照射光を照射するとともに、撮

像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの前記撮像素子のうちの被測定素子上にて前記照射光を走査する走査ステップと、前記走査ステップでの被測定素子の走査にともなって前記照射光を前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップとを含んでいる。

- [0009] この構成により、実際に撮像カメラに配置された撮像光学系と撮像素子を用いて光学的伝達関数を求めるので、撮像光学系にて生じる画像劣化要因と、素子間のクロストークによる画像劣化要因が反映された光学伝達関数を算出できる。また、撮像カメラに備えられた撮像光学系を通して、撮像カメラの撮像面を構成している素子を照射光で走査することにより光学的伝達関数を算出するので、撮像カメラを分解することなく容易に光学的伝達関数を算出できる。
- [0010] さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記演算ステップは、前記走査ステップでの前記照射光の走査にともなって前記被測定素子にて逐次変換された電気信号の分布を示す像強度分布データを生成し、前記像強度分布データに基づいて前記被測定素子の前記光学的伝達関数を算出する。
- [0011] この構成により、被測定素子ごとの像強度分布データが生成されるので、位置によって画像の劣化度合いが異なる場合に、位置ごとに異なる光学的伝達関数を測定できる。
- [0012] さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像面での近軸像の径が前記素子のピッチの2分の1以下になる共役条件にて、前記撮像面での投影像が点状となる照射光を照射し、前記演算ステップは、前記像強度分布データとして、点像強度分布データを生成し、前記点像強度分布データに基づいて前記光学的伝達関数を算出する。
- [0013] この構成により、被測定素子の点像強度分布データが得られ、この点像強度分布データから光学的伝達関数を算出できる。
- [0014] さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、前記照

射光の前記撮像面での近軸像の幅が前記素子のピッチの2分の1以下になる共役条件にて、前記撮像面での投影像が線状となる照射光を照射し、前記演算ステップは、前記像強度分布データとして、線像強度分布データを生成し、前記線像強度分布データに基づいて前記光学的伝達関数を算出する。

- [0015] この構成により、被測定素子の線像強度分布データが得られ、この線像強度分布データから光学的伝達関数を算出できる。また、照射光が線状であるから、複数の被測定素子の線像強度分布を同時に測定できるため、短時間でより多くの被測定素子の光学的伝達関数を算出できる。
- [0016] さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、複数の前記被測定素子上にて前記照射光を走査し、前記演算ステップは、前記複数の被測定素子の光学的伝達関数を用いた補間処理により、前記被測定素子以外の素子の光学的伝達関数を算出する処理を含んでいる。
- [0017] この構成により、像強度分布データを求める処理および像強度分布データから光学的伝達関数を生成する処理の負担を軽減し、光学的伝達関数の測定に要する時間を短縮できる。また、複数の被測定素子のそれぞれの像強度分布データを用いて補間処理によって他の素子の光学的伝達関数が算出されるので、位置によって画像劣化の度合いが異なる場合にも、撮像素子のすべての素子について、そのような不均一性を反映した光学的伝達関数を得られる。
- [0018] また、本発明の光学的伝達関数の測定方法は、前記像強度分布データと、当該像強度分布データに対応する被測定素子の位置情報を用いて、前記撮像面での像の歪みに関する歪曲特性データを生成する歪曲特性データ生成ステップをさらに含んでいる。
- [0019] この構成により、撮像光学系の分解性能の限界に起因する画質の劣化だけでなく、撮像光学系に起因する像の歪みを補正するためのデータを生成できる。
- [0020] さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像カメラへの照射角度または照射位置の少なくとも一方を変更することにより、前記照射光を走査する。この構成により、撮像カメラを固定した状態で照射光を走査できる。

- [0021] さらに、本発明の光学的伝達関数の測定方法では、前記走査ステップは、前記撮像カメラの角度または位置の少なくとも一方を変更することにより、前記被撮像素子上にて前記照射光を走査する。この構成により、照射光が撮像面に対して相対的に移動することにより、照射光が走査される。
- [0022] また、本発明の画像復元方法は、上記の測定方法にて光学的伝達関数を測定し、測定された光学的伝達関数を用いて、前記撮像カメラにて取得された画像データの復元処理を行う。これにより、高精細な復元画像を得られる。
- [0023] また、本発明の携帯電話装置およびデジタル撮像装置は、被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラと、上記の測定方法によって測定された光学的伝達関数を保存する記憶手段と、前記記憶手段に保存された光学的伝達関数と前記撮像カメラにて生成した画像データとをセットにして送信する送信手段とを備えている。
- [0024] この構成により、上記の測定方法によって測定された光学的伝達関数と被写体の画像データとをセットにして送信するので、受信者は、送信された光学伝達関数を用いて容易に画像データの復元処理を行える。
- [0025] また、本発明の携帯電話装置およびデジタル撮像装置は、被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラと、上記の測定方法によって測定された光学的伝達関数を含むデータファイルのファイルナンバーを、前記撮像カメラにて生成した画像データに付するタグ生成手段とを備えている。
- [0026] この構成により、光学的伝達関数を含むデータファイルのファイルナンバーのタグが画像データに付されるので、このタグ付き画像データを画像補正装置等の外部機器に送信しても、当該外部機器で混在したファイルの中から光学的伝達関数を取り違えることなく画像データの復元処理を行える。
- [0027] 本発明の画像補正方法は、デジタル撮像装置にて被写体を撮像して生成された画像と、前記デジタル撮像装置の撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報とを関連づけて前記デジタル撮像装置から出力するステップと、画像補正サーバ装置にて、前記デジタル撮像装置から出力された前記画像を、前記画像に関連づけられた前記劣化要因情報を用いてデコンボリューション処理するステップとを含んでいる。

- [0028] この構成により、デジタル撮像装置では、撮像手段に起因して劣化した画像を補正するための劣化要因情報を撮像手段にて生成された画像に関連づけて出力するのみで、デコンボリューション処理は画像補正サーバ装置にて行うので、デジタル撮像装置の処理負担を増大させることなく、デコンボリューション処理により補正した補正画像を得られる。
- [0029] また、本発明のデジタル撮像装置は、被写体を撮像して画像を生成する撮像手段と、前記撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報を記憶する劣化要因情報記憶手段と、前記劣化要因情報を前記画像に関連づけて出力する出力手段とを備えている。
- [0030] この構成により、デジタル撮像装置からは補正対象画像と劣化要因情報とが関連づけられて出力されるので、外部の装置にてこの補正対象画像を補正でき、デジタル撮像装置の処理負担を増大させることなく補正画像を得られる。
- [0031] さらに、本発明のデジタル撮像装置は、前記出力手段から出力された前記劣化要因情報を用いて前記画像を補正することにより得られた補正画像を受信する受信手段を備えている。
- [0032] この構成により、受信手段が補正画像を受信するので、デジタル撮像装置の処理負担を増大させることなくデジタル撮像装置にて補正画像を得られる。
- [0033] また、本発明のデジタル撮像装置では、前記劣化要因情報記憶手段は、前記劣化要因情報として、デコンボリューション処理に用いる光学的伝達関数を記憶する。
- [0034] この構成により、劣化要因情報記憶手段に記憶された光学的伝達関数を用いて外部の装置にてデコンボリューション処理を行える。
- [0035] また、本発明のデジタル撮像装置では、前記出力手段は、前記劣化要因情報を前記画像に関連づけて送信する送信手段である。
- [0036] この構成により、送信手段を用いて、デコンボリューション処理を行うための装置に補正対象画像と劣化要因情報を送信できる。
- [0037] また、本発明のデジタル撮像装置では、前記出力手段は、前記劣化要因情報を前記画像に関連づけて記録媒体に書き込む書込手段である。
- [0038] この構成により、デコンボリューション処理を行うための装置にて記録媒体から補正



対象画像と劣化要因情報を読み出せる。

- [0039] 本発明の画像補正サーバ装置は、デジタル撮像装置にて被写体を撮像して生成された画像と、前記デジタル撮像装置の撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報とを前記デジタル撮像装置から受信する受信手段と、前記画像を前記劣化要因情報を用いてデコンボリューション処理する画像補正手段と、前記デコンボリューション処理にて得られた補正画像を送信する送信手段とを備えている。
- [0040] この構成により、個々のデジタル撮像装置により異なる劣化要因情報をデジタル撮像装置で撮像された画像とセットで取得でき、適切な補正を行える。また、画像補正サーバ装置にてデコンボリューション処理を行うので、デジタル撮像装置の処理負担を増大させることなく、デコンボリューション処理により補正画像を得られる。
- [0041] さらに、本発明の画像補正サーバ装置では、前記受信手段が、前記画像および劣化要因情報と共に前記補正画像の送信先を指定する送信先指定情報を受信し、前記送信手段は、前記送信先情報にて指定された送信先に前記補正画像を送信する。
- [0042] この構成により、デジタル撮像装置の処理負担を増大させることなくデジタル撮像装置での撮像にて得られた画像をデコンボリューション処理により補正して任意の送信先に送信できる。
- [0043] さらに、本発明の画像補正システムは、デジタル撮像装置と画像補正サーバ装置とを有する画像補正システムであって、前記デジタル撮像装置は、被写体を撮像して画像を生成する撮像手段と、補正画像の送信先を指定する指定手段と、前記撮像手段にて生成された画像と前記指定手段にて指定された送信先を示す送信先情報とを関連づけて前記画像補正サーバ装置に送信する送信手段とを備え、前記画像補正サーバ装置は、前記デジタル撮像装置から出力された前記画像をデコンボリューション処理して前記補正画像を得る画像補正手段と、前記画像補正手段にて得られた前記補正画像を前記画像に関連づけられた送信先情報にて示される送信先に送信する送信手段とを備えている。
- [0044] この構成により、デジタル撮像装置での撮像にて得られた画像をデジタル撮像装

置の処理負担を増大させることなくデコンボリューション処理により補正して任意の送信先に送信できる。

[0045] さらに、本発明のプログラムは、デジタル撮像装置にて被写体を撮像して生成された画像と、前記デジタル撮像装置の撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報とを含むデータファイルの入力を受け付けるステップと、前記デジタル撮像装置から出力された前記データファイルに含まれる前記画像を、前記前記画像と共に前記データファイルに含まれる前記劣化要因情報を用いてデコンボリューション処理する画像補正ステップとを含む画像補正方法をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

[0046] この構成により、デジタル撮像装置では、撮像手段にて生成された画像と撮像手段に起因して劣化した画像を補正するための劣化要因情報とを出力するのみで、デコンボリューション処理は画像補正サーバ装置にて行うので、デジタル撮像装置の処理負担を増大させることなく、デコンボリューション処理により補正した補正画像を得られる。

[0047] 本発明は、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの光学的伝達関数を求めるので、実際に撮像カメラに配置された撮像光学系にて生じる画像劣化要因と、撮像素子の素子間のクロストークによる画像劣化要因が反映された光学伝達関数を算出でき、かつ、撮像カメラを分解することなく容易に光学的伝達関数を算出できる。

[0048] また、本発明は、デジタル撮像装置にて生成された画像に、デジタル撮像装置の撮像手段に起因して劣化した画像を補正するための劣化要因情報を関連づけて出力し、出力先の画像補正サーバ装置にて補正を行うので、デジタル撮像装置の処理負担を増大させることなくデコンボリューション処理により補正画像を得られるという効果を有する。

#### 図面の簡単な説明

[0049] [図1]図1は、本発明の第1の実施の形態における像強度分布測定装置の構成図  
[図2]図2は、本発明の第1の実施の形態における撮像素子の走査の説明図  
[図3]図3は、本発明の第1の実施の形態における画像復元システムのブロック図

[図4]図4は、本発明の第1の実施の形態における像強度分布データ生成部にて生成される点像強度分布データを示すグラフ

[図5]図5は、本発明の第1の実施の形態における光学的伝達関数算出部にて算出される光学的伝達関数を示すグラフ

[図6]図6は、本発明の第2の実施の形態における像強度分布測定装置の構成図

[図7]図7は、本発明の第3の実施の形態における像強度分布測定装置の構成図

[図8]図8は、本発明の第3の実施の形態における撮像素子の走査の説明図

[図9]図9は、本発明の第4の実施の形態における画像復元システムのブロック図

[図10]図10は、本発明の第5の実施の形態の画像復元システムの構成図

[図11]図11は、本発明の第6の実施の形態の画像復元システムの構成図

[図12]図12は、本発明の第7の実施の形態における画像補正システムのブロック図

[図13]図13は、本発明の第7の実施の形態における携帯電話装置の点像強度分布を示す図

[図14]図14は、本発明の第7の実施の形態における携帯電話装置の光学的伝達関数を示す図

[図15]図15は、本発明の第7の実施の形態における画像補正システムの動作説明のためのフロー図

[図16]図16は、本発明の第8の実施の形態における画像補正システムのブロック図

[図17]図17は、本発明の第8の実施の形態における画像補正システムの動作説明のためのフロー図

[図18]図18は、本発明の第9の実施の形態における画像補正システムのブロック図

[図19]図19は、本発明の第9の実施の形態における画像補正システムの動作説明のためのフロー図

発明を実施するための最良の形態

[0050] 以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

[0051] (第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態の像強度分布測定装置を図1に示す。図1において、像強度分布測定装置30は、光源31、ピンホール板32、軸外し放物面鏡33およびカ

メラ保持機構34を備えている。像強度分布測定装置30は、撮像光学系およびCCDまたはCMOSセンサ等の撮像素子を備えた撮像カメラの像強度分布を測定するための装置である。光源31は、測定対象の撮像カメラの仕様波長を包含する波長特性をもつ照射光を発光する。ピンホール板32は、光源31の近傍に設けられている。ピンホール板32のピンホールを通過した照射光は発散光として軸外し放物面鏡33に入射する。照射光は、軸外し放物面鏡33にて反射し、色収差のない平行光となって、カメラ保持機構34に保持された撮像カメラ11の撮像光学系に入射する。

[0052] 図2は、撮像カメラ11の撮像面に投影される照射光の像(ピンホール像)を説明する図である。ピンホール板32は、ピンホール像71がカメラ保持機構34に保持された撮像カメラ11の撮像面で近軸光サイズになるような共役条件を満たす位置に設置される。また、ピンホールの径は、上記の像強度分布測定装置30の構成で、ピンホール像71の径が、図2に示されるように、撮像素子80の素子ピッチの2分の1以下になる大きさに設定されている。このように、ピンホール像71の径を素子ピッチの2分の1以下の大きさとするのは、光学的伝達関数の測定において、照射光源からカメラを通して結像する点像強度分布を点光源の結像と等価的にするためである。

[0053] カメラ保持機構34は、測定対象の撮像カメラ11を保持するための機構である。カメラ保持機構34は、保持された撮像カメラ11を撮像素子のx軸周りおよびy軸周りに回転させる回転機構を備えている。x軸周りの回転によって、図2に示されるように、ピンホール像は相対的に撮像面上をy軸方向に移動し、y軸周りの回転によって、ピンホール像は相対的に撮像面上をx軸方向に移動する。この回転機構で、撮像カメラ11をステップ状に回転させることにより、照射光が撮像カメラ11の撮像素子をx軸方向またはy軸方向に走査する。回転のステップ幅は、ピンホール像が撮像素子の素子ピッチよりも十分小さい幅、例えば、素子ピッチの10分の1程度の幅で移動するように設定されている。撮像カメラ11は、ステップごとに撮像素子にて光電変換を行い、電気信号を生成する。

[0054] 図3は、第1の実施の形態の画像復元システム10の構成を示すブロック図である。図3に示されるように、画像復元システム10は、撮像カメラ11、画像復元用データ生成装置12および画像補正装置13を備えている。撮像カメラ11は、撮像光学系、撮

像素子およびA/D変換器を備えている。撮像カメラ11は、像強度分布測定装置30のカメラ保持機構34に設置されたときには、撮像素子での光電変換にて得られた電気信号81を画像復元用データ生成装置12に出力し、通常の撮像時には、撮像素子にて得られた電気信号を画像データ82として画像補正装置13に出力する。撮像カメラ11、画像復元用データ生成装置12および画像補正装置13の相互間では、有線または無線の通信により、データの送受信が行われる。なお、通信の代わりに、可搬型の記録媒体によって装置間でのデータの受け渡しが行われてもよい。

[0055] 画像復元用データ生成装置12は、像強度分布データ生成部14、光学的伝達関数算出部15、歪曲特性データ生成部16およびデータファイル作成部17を備えている。像強度分布データ生成部14は、撮像カメラ11が像強度分布測定装置30に設置されたときに撮像カメラ11より出力される電気信号81を用いて、被測定素子ごとに、像強度分布データ83を生成して出力する機能を有している。本実施の形態の像強度分布データ生成部14は、像強度分布データとして点像強度分布データを生成する。光学的伝達関数算出部15は、像強度分布データ生成部14より出力された被測定素子ごとの像強度分布データ83をそれぞれフーリエ変換して、被測定素子ごとに、フーリエスペクトルおよび位相特性からなる光学式伝達関数84を算出する機能を有している。

[0056] 歪曲特性データ生成部16は、像強度分布データ生成部14より出力された複数の被測定素子の像強度分布データ83を用いて、像の歪みを示す歪曲特性データ85を生成する機能を有している。データファイル作成部17は、すべての被測定素子の光学的伝達関数と、歪曲特性データ生成部16にて生成された歪曲特性データとを含む画像復元用データファイル86を作成して、出力する機能を有している。

[0057] 画像補正装置13は、ピクセル強度変換部18、画像復元用データ補間部19、デコンボリューション処理部20、歪曲補正部21および復元画像出力部22を備えている。ピクセル強度変換部18は、撮像カメラ11より出力された画像データを強度変換して画像強度データ87を生成する機能を有している。画像復元用データ補間部19は、画像復元用データ生成装置12より出力された画像復元用データファイルに含まれる被測定素子の光学的伝達関数を用いて補間処理を行うことにより、被測定素子以外

の素子の光学的伝達関数を求める機能を有している。画像復元用データ補間部19は、この補間処理により、すべての素子についての光学的伝達関数88を作成する。また、画像復元用データ補間部19は、画像復元用データに含まれる歪曲特性データを変換して、歪曲補正用データ89を生成する機能を有している。

[0058] デコンボリューション処理部20は、ピクセル強度変換部18にて生成された画像強度データ97に対して、画像復元用データ補間部19にて生成された光学的伝達関数を用いてデコンボリューション処理を行い、復元画像データ90を生成する機能を有している。また、歪曲補正部21は、デコンボリューション処理にて生成された復元画像データ90に対して、画像復元用データ補間部19にて生成された歪曲補正用データ89を用いて歪曲補正を行い、歪曲補正画像データ91を生成する機能を有している。出力部22は、歪曲補正画像データ91を出力する機能を有している。

[0059] 以上のように構成された像強度分布測定装置30および像強度分布測定装置10について、それらの動作を説明する。以下では、光学的伝達関数および歪曲特性データを含む画像復元用データファイル86を生成する動作、および、画像復元用データファイル86を用いて画像データ82を補正する動作をそれぞれ分けて説明する。

[0060] まず、画像復元用データファイル86を生成する際の動作を説明する。画像復元用データファイルを作成する際には、まず、像強度分布測定装置30のカメラ保持機構34に撮像カメラ11を設置する。このとき、撮像カメラ11は、撮像光学系が軸外し放物面鏡33からの反射光を取り込む向きに設置される。光源31からは照射光が発光される。ピンホール板32のピンホールを通過した照射光は、軸外し放物面鏡33にてコリメートされてカメラ保持機構34に保持された撮像カメラ11に向かって反射する。この反射光は、撮像カメラ11の撮像光学系を通過して、撮像面に投影される。この状態で、照射光による撮像素子の走査が行われる。

[0061] 撮像面の撮像素子上にピンホール像が投影された状態で、カメラ保持機構34は、y軸周り(図1参照)にステップ状に回転する。これにより、照射光の像は、撮像素子を構成する一つの素子をx軸方向に走査する。また、カメラ保持機構34がx軸周りに回転するときは、照射光の像はy軸方向に素子を走査する。撮像カメラ11は、ステップごとに撮像素子にて投影光を光電変換して、電気信号81を画像復元用データ生成

装置12の像強度分布データ生成部14に出力する。像強度分布データ生成部14は、撮像カメラ11からステップごとの電気信号81を受け取ると、この電気信号81を用いて像強度分布データ83を生成する。

[0062] 図4は、像強度分布データ生成部14にて生成される像強度分布データ83を示すグラフである。図4のグラフでは、横軸が走査角度であり、縦軸が被測定素子より出力される電気信号の強度である。この像強度分布データの走査角度を撮像光学系の焦点距離で換算すると空間上の像強度分布データが得られる。

[0063] 図4に示されるように、像強度分布データ83は、収差を含んだ非点対称の分布形状をしている。本実施の形態では、図4に示されるように、照射光をy軸方向に走査した場合の方が、x軸方向に走査した場合よりも分布が広がっている。これは、照射光の像が撮像面上で、長径がy軸方向で短径がx軸方向である楕円形になっていることを示している。

[0064] 像強度分布測定装置30および画像復元システム10は、このようにして、複数の素子についてx軸方向の走査による像強度分布の測定を行い、また、複数の素子についてy軸方向の走査による像強度分布の測定を行う。ここでは、x軸方向およびy軸方向の走査による測定をそれぞれ5個ずつの素子について行う。被測定素子は、撮像素子の中から偏りなく選択される。そして、像強度分布データ生成部14は、各被測定素子の像強度分布データ83を生成して、光学的伝達関数算出部15および歪曲特性データ生成部16に出力する。光学的伝達関数算出部15は、像強度分布データ生成部14より出力された被測定素子ごとの像強度分布データ83を空間周波数でフーリエ変換して、各被測定素子の光学的伝達関数84を算出する。

[0065] 図5は、光像強度分布データ生成部14で生成された像強度分布データ83を光学的伝達関数算出部15にてフーリエ変換して得られた光学的伝達関数84を示すグラフである。図5に示されるように、光学的伝達関数84は、フーリエスペクトルと位相特性とからなる。本実施の形態では、像強度分布データ生成部14にて、10個の被測定素子に対応する10個の像強度分布データ83が生成されるので、光学的伝達関数算出部15は、これらの各像強度分布データ83をフーリエ変換して10個の光学的伝達関数84を算出する。

- [0066] 歪曲特性データ生成部16は、像強度分布データ生成部14より出力された像強度分布データ83を取り込んで、被測定素子ごとに、ピクセル強度が最大になる走査角度(最大強度角)を求める。そして、各被測定素子での最大強度角とそれらの被測定素子の位置の情報から、測定対象とならなかった素子のピクセル強度が最大になる走査角度を求める。このようにして生成された素子ごとの最大強度角のデータは、各素子の強度重心の歪曲特性と等価なデータである。歪曲特性データ生成部16は、このデータを歪曲特性データ85として出力する。
- [0067] データファイル作成部17は、光学的伝達関数算出部15より出力された各素子の光学的伝達関数84および歪曲特性データ生成部16より出力された歪曲特性データ85を含む画像復元用データファイル86を作成して、出力する。
- [0068] 次に、画像復元用データファイル86を用いて画像データ82を補正する際の動作を説明する。まず、画像復元用データ補間部19は、画像復元用データ生成装置12より出力された画像復元用データファイル86を取り込む。上述のように、本実施の形態では、画像復元用データファイル86には、10個の被測定素子に対応して、光学的伝達関数84が10個しか含まれていない。画像復元用データ補間部19は、これらの10個の光学的伝達関数84を用いて補間処理を行い、他の素子の光学的伝達関数を算出する。補間処理には、スプライン補間等の公知の手法を採用できる。この補間処理により、撮像面の全素子の光学的伝達関数88が求まる。
- [0069] また、画像復元用データ補間部19は、画像復元用データファイル86に含まれる歪曲特性データ85を変換することにより、歪曲補正用データ89を生成する。画像復元用データ補間部19は、生成された全素子の光学的伝達関数88および歪曲補正用データ89を保存する。
- [0070] 次に、画像復元用データファイルを用いて画像データを補正する際の動作を説明する。被写体からの光は、撮像カメラ11の撮像光学系を通過して撮像面に投影される。そして、撮像素子は、被写体からの光を光電変換することにより画像データ82を生成して出力する。この画像データ82は、撮像光学系の収差および素子間のクロストーク等の要因によって劣化した劣化画像の画像データであり、画像補正装置13にて補正の対象となる画像データである。



[0071] 画像補正装置13は、撮像カメラ11から出力された画像データ82を取り込み、ピクセル強度変換部18にて、画像データ82を強度変換して、画像強度データ87を生成する。次に、デコンボリューション処理部20は、画像復元用データ補間部19に保存された光学的伝達関数88を用いて、ピクセル強度変換部18にて生成された画像強度データ87に対してデコンボリューション処理を行う。

[0072] デコンボリューション処理部20は、デコンボリューション処理の復元フィルタ $M(u, v)$ として、以下の関数を用いる。

[数1]

$$M(u, v) = \frac{H^*(u, v) S_{ff}(u, v)}{S_{ff}(u, v) |H(u, v)|^2 + S_{vv}(u, v)}$$

$$= \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + [S_{vv}(u, v) / S_{ff}(u, v)]}$$

上記の式にて $H(u, v)$ は光学的伝達関数であり、 $S_{ff}$ は入力信号のスペクトル密度、すなわちピクセル強度変換部18から出力される画像強度データ87であり、 $S_{vv}(u, v)$ はノイズのスペクトル密度である。

[0073] 元画像 $f(x, y)$ 、劣化画像 $g(x, y)$ および復元画像 $\hat{f}(x, y)$ のそれぞれの2次元フーリエ変換を $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ および $\hat{F}(u, v)$ とすると、

$$\hat{F}(u, v) = (H(u, v) * M(u, v)) * F(u, v)、および$$

$$\hat{F}(u, v) = M(u, v) * G(u, v)$$

が成り立つ。ここで、「 $*$ 」は畳み込み積分を表している。デコンボリューション処理部20は、劣化画像の2次元フーリエ変換 $G(u, v)$ に復元フィルタ $M(u, v)$ を畳み込み積分して $\hat{F}(u, v)$ を算出し、これを逆フーリエ変換して復元画像 $\hat{f}(x, y)$ を求める。この復元フィルタ $M(u, v)$ は、画像データのノイズ特性に応じて、デコンボリューション処理の対象となる画像データごとに、デコンボリューション処理部20にて作成される。

[0074] デコンボリューション処理部20にて生成された復元画像データ90は、歪曲補正部

21に出力される。この復元画像データ90には像の歪みによる劣化が残っている。歪曲補正部21は、画像復元用データ補間部19から歪曲補正用データ89を読み出して、復元画像データ90に対して、歪曲補正用データ89を用いて、座標変換および補間処理による歪曲補正を行い、歪曲補正画像データ91を生成する。この歪曲補正画像データ91は出力部22から出力される。出力先は、画像補正装置13内のメモリであってもよいし、可搬型の記憶媒体であってもよいし、または、モニタでもよい。さらに、出力部22は、通信回線に歪曲補正画像データ91を出力してもよい。

[0075] 本実施の形態の光学的伝達関数の測定方法によれば、撮像光学系および撮像素子が撮像カメラ11にアセンブリされた状態で、像強度分布の測定が行われるので、撮像カメラ11のフォーカス状態や素子のクロストーク等の影響を含んだ像強度分布データが得られる。そして、画像補正装置13では、この像強度分布データから得られた光学的伝達関数を用いてデコンボリューション処理を行うので、撮像光学系の解像性能の限界に起因する画像劣化だけでなく、フォーカス状態や素子のクロストークの影響による画像劣化も軽減されて、より高精細な復元画像データを得られる。

[0076] また、本実施の形態では、像強度分布データが素子ごとに求められて光学的伝達関数が算出されるので、入射位置によって画像の劣化度合いが異なる場合にも、そのような画像劣化を好適に補正して、より高精細な復元画像データを得られる。さらに、像強度分布が素子ごとに求められるので、像強度分布のピークを特定することで、光源からの照射光が素子の中心に入射するときの走査角度を求めることができ、これにより、撮像光学系に起因する像の歪みを補正するための歪曲補正用データを生成できる。そして、歪曲補正用データを用いて画像データを補正することで、撮像光学系に起因する像の歪みが軽減された復元画像データを得られる。

[0077] (第2の実施の形態)

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

上記の第1の実施の形態では、撮像カメラ11を回転させることにより、照射光を撮像素子の撮像面上で相対的に移動させて被測定素子を走査したが、本実施の形態では、撮像カメラ11は固定したままで、照射光の位置を変更することで被測定素子を走査する。

[0078] 図6は、本実施の形態の像強度分布測定装置の構成図である。図6に示されるように、像強度分布測定装置40では、光源41から照射された光は、ピンホール板42のピンホールを通過し、軸外し放物面鏡43にて反射して平行光となる。そして、平行光となった照射光は、反射ミラー45にて反射して、カメラ保持機構44に保持された撮像カメラ11の撮像光学系に入射する。

[0079] 反射ミラー45は、ミラー面内のx軸およびy軸の周りにそれぞれ回転可能であり、図示しない回転駆動機構によって、x軸周りまたはy軸周りにステップ状に回転する。反射ミラー45がy軸周りに回転すると、照射光の像は、撮像カメラ11の撮像面上でx軸方向に移動し、反射ミラー45がx軸周りに回転すると、照射光の像は、撮像面上でy軸方向に移動する。このようにして、被測定素子を照射光でx軸方向およびy方向に走査できる。

[0080] 被測定素子を走査して被測定素子ごとの像強度分布データ83を生成する処理、およびそれ以降の光学的伝達関数84および歪曲特性データ85を生成する処理は、第1の実施の形態と同じである。また、画像補正装置13にて画像データ82を復元する処理も第1の実施の形態と同様である。そして、本実施の形態でも第1の実施の形態と同様の効果が得られる。

[0081] (第3の実施の形態)

次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。

上述の第1の実施の形態の像強度分布測定装置30では、光源31の近傍にピンホール板32を設けて、撮像面に点状の照射光の像を投影したが、本実施の形態では、ピンホール板32の代わりにスリット板を設けて、線状の照射光で撮像素子を走査する。

[0082] 図7は、本実施の形態の像強度分布測定装置の構成図である。図7に示されるように、像強度分布測定装置50では、光源51の近傍にスリット板52が設けられている。スリット板52は、スリット保持機構56に保持されており、スリット保持機構56は、スリットの長手方向が、縦方向または横方向になるようにスリット板52を回転させる機構を有している。光源51から発光され、スリット板52のスリットを通過した照射光は、軸外し放物面鏡53にて反射して平行光となる。

- [0083] この平行光は、カメラ保持機構54に保持された撮像カメラ11の撮像光学系を通して撮像素子の撮像面に投影される。なお、スリット板52のスリットの幅は、上記の構成にて、撮像カメラ11の撮像素子に投影される像の近軸像幅が、撮像素子の素子ピッチの2分の1以下になる大きさに設定されている。このように、近軸像幅を素子ピッチの2分の1以下の大きさとするのは、光学的伝達関数の測定において、照射光源からカメラを通して結像する線像強度分布を線光源の結像と等価的にするためである。
- [0084] 本実施の形態の画像復元システム10の基本的な構成は第1の実施の形態と同様である。本実施の形態では、スリット光で被測定素子を走査するので、像強度分布データ生成部14では複数の被測定素子の像強度分布データが同時に得られる。
- [0085] 以上のように構成された第3の実施の形態の像強度分布測定装置30および画像復元システム10について、それらの動作を説明する。まず、スリット保持機構56によってスリットの長手方向が縦方向になるようにスリット板52を保持する。上述のように、光源51からの照射光は、スリット板52のスリットを通過して軸外し放物面鏡53にて反射し、スリット状の平行光となってカメラ保持機構54に保持された撮像カメラ11に入射する。そして、このスリット光は、撮像カメラ11の撮像光学系を通過して撮像面に投影される。
- [0086] 図8は、撮像面に投影されるスリット光の像(スリット像)を説明するための図である。スリット像72aは、スリットが縦方向に保持されたときのスリット像である。この状態で、カメラ保持機構54は、y軸周りにステップ状に回転する。これにより、スリット像72aは、y軸方向に並んだ複数の被測定素子をx軸方向に走査する。撮像素子をy軸方向に走査するとき、スリット保持機構56は、スリット52の長手方向が横方向になるようにスリット板52を90度回転させる。これにより、撮像面には、x軸に平行なスリット像72bが投影される。そして、この状態で、カメラ保持機構54がx軸周りにステップ状に回転することにより、スリット像72bをy軸方向に移動させる。
- [0087] 撮像カメラ11は、ステップごとに撮像素子にて投影光を光電変換して、電気信号81を画像復元用データ生成部12の像強度分布データ生成部14に出力する。像強度分布データ生成部14は、ステップごとの電気信号81が撮像カメラ11から送られてくると、この電気信号81を用いて像強度分布データ83を生成する。本実施の形態で

は、像強度分布生成部14は、像強度分布データ83として、線像強度分布データを生成する。

[0088] このようにして撮像素子の複数の被測定素子の像強度分布データ83が得られた後に光学的伝達関数84および歪曲特性データ85を生成する処理は、第1の実施の形態と同じである。また、撮像カメラ11にて生成された画像データ82を復元する処理も、第1の実施の形態と同様である。

[0089] なお、上記の例では、スリット板52の向きを変更することによりスリット光の向きを変更して、x軸方向およびy軸方向のそれぞれについてスリット光を走査したが、スリット板52の向きを変更する代わりに、カメラ保持機構54にて撮像カメラ11の向きを90度回転させて、撮像面に投影されるスリット像の向きを変更してもよい。

[0090] 本実施の形態でも第1の実施の形態と同様の効果が得られる。さらに、本実施の形態では、スリット光で撮像素子を走査し、複数の素子の像強度分布を同時に測定するので、測定点数の増大または測定時間の短縮が可能である。特に、スリット板52のスリットの長さを軸外し放物面鏡53の無収差範囲内で長くするほど、この効果は大きくなる。

[0091] (第4の実施の形態)

次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。第4の実施の形態の像強度分布測定装置の構成は、第1の実施の形態と同じである。本実施の形態では、画像復元システム10の構成が上記の実施の形態と異なっている。

[0092] 図9は、第4の実施の形態の画像復元システムの構成を示すブロック図である。図9において、第1の実施の形態の画像復元システム10と同様の構成については、図3と同じ符号を付して説明を省略する。図9に示されるように、画像復元システム10は、撮像カメラ11、画像復元用データ生成装置12および画像補正装置13を備えている。画像復元用データ生成装置12は、像強度分布データ生成部14、光学的伝達関数算出部15、歪曲特性データ作成部16およびデータファイル作成部17を備えており、第1の実施の形態と同様にして、測定対象となった複数の各被測定素子の光学的伝達関数84と歪曲特性データ85とを含む画像復元用データファイル86を生成する。本実施の形態のデータファイル作成部17は、さらに、画像復元用データファイル

86を特定するためのファイルナンバーを示すタグを画像復元用データファイル86に付して、タグ付き画像復元用データファイル92を生成して出力する。

[0093] 撮像カメラ11は、タグ付き画像復元用データファイル92を受け取ると、画像補正装置13にファイルナンバーの登録するための処理を行う。この処理では、撮像カメラ11からタグ付き画像復元用データファイル92が画像補正装置13に送信される。画像補正装置13では、タグ付き画像復元用データファイル92を受信し、画像復元用データ補間部19にて第1の実施の形態と同様にして補間処理および変換処理を行い、全素子についての光学的伝達関数88および歪曲補正用データ89を生成する。そして、画像復元用データ補間部19は、生成された全素子についての光学的伝達関数88および歪曲補正用データ89をタグにて示されるファイルナンバーと対応づけて保存する。

[0094] 次に、画像復元用データファイルを用いて画像データを補正する際の動作を説明する。撮像カメラ11は、被写体を撮像すると、撮像にて得られた画像データに、画像復元用データファイルを特定するためのファイルナンバーを示すタグを付して、タグ付き画像データ93生成して出力する。画像補正装置13では、タグ付きの画像データ93を取り込んで、そのタグで示されるファイルナンバーに対応する光学的伝達関数88および歪曲補正用データ89を用いて、画像データに対して、デコンボリューション処理および歪曲補正を行う。

[0095] 本実施の形態によれば、画像補正装置13にて、様々な撮像カメラ11の光学的伝達関数および歪曲補正用データを保存している場合にも、取得した画像データに対してデコンボリューション処理部20および歪曲補正部22にて用いるべき光学的伝達関数および歪曲補正用データを取り違えることを防止できる。

[0096] (第5の実施の形態)

次に、本発明の第5の実施の形態について説明する。図10は、本実施の形態の画像復元システム10を示す図である。画像復元システム10は、携帯電話装置60および画像補正装置13からなる。携帯電話装置60には撮像カメラ11が備えられている。この携帯電話装置60を第1の実施の形態の撮像カメラ11と同様にして、像強度分布測定装置30のカメラ保持機構34に設置して、撮像カメラ11にて被測定素子の光学

的伝達関数および歪曲特性データからなる画像復元用データファイル86を作成する。携帯電話装置60は、この画像復元用データファイル86を内部メモリ61に保存する。

[0097] 携帯電話装置60は、データ送信部62を備えている。携帯電話装置60の撮像カメラ11にて被写体を撮像して画像データ82が生成されると、この画像データ82と内部メモリ61に保存されている画像復元用データファイル86とがセットになって画像補正装置13に送信される。画像補正装置13は、第1の実施の形態と同様の構成を有している。画像補正装置13の操作者は、画像補正装置13にて画像データ82と画像復元用データファイル86を受信すると、その画像復元用データファイル86を用いて、画像データ82に対してデコンボリューション処理および歪曲補正を行う。

[0098] 上記の構成によれば、画像データとその画像データを復元するための画像復元用データファイルのセットを受信するので、画像補正装置にて容易に元の画像を復元できる。

[0099] (第6の実施の形態)

次に、本発明の第6の実施の形態について説明する。図11は、第6の実施の形態の画像復元システム10を示す図である。画像復元システム10は、携帯電話装置60および画像補正装置13からなる。携帯電話装置60には撮像カメラ11が備えられている。この携帯電話装置60を第1の実施の形態の撮像カメラ11と同様にして、像強度分布測定装置30のカメラ保持機構34に設置して、光学的伝達関数84および歪曲特性データ85からなる画像復元用データファイル86を作成する。携帯電話装置60は、この画像復元用データファイル86を内部メモリ61に保存する。

[0100] 携帯電話装置60は、タグ生成部63を備えている。撮像カメラ11にて被写体を撮像して画像データ82が生成されると、タグ生成部63は、内部メモリ61に保存してある画像復元用データファイル86を特定するためのファイルナンバーをタグとして画像データに付加して、タグ付き画像データ92を生成する。

[0101] 携帯電話装置60は、データ送信部62を備えており、データ送信部62は、タグ生成部63にて生成されたタグ付き画像データ92を画像補正装置13に送信する。画像補正装置13は、第4の実施の形態の画像補正装置13と同様の構成を有しており、操

作者は、画像補正装置13にてタグ付きの画像データを受信すると、そのタグにて示されるファイルナンバーに対応する画像復元用データファイル86を用いて、取得した画像データに対してデコンボリューション処理および歪曲補正を行う。

[0102] 上記の構成によれば、タグ生成部63により画像データにファイルナンバーを示すタグを付してタグ付き画像データを生成して送信するので、画像補正装置13にて混在したファイルの中から画像復元用データを取り違えることなく処理を行える。また、画像補正装置13にて携帯電話装置60から得た画像データを補正するたびに携帯電話装置60から画像復元用データファイルを送信する必要がなく、通信負担が軽減される。

[0103] なお、以上の説明では、画像復元用データ生成装置12にて、被測定素子のみの光学的伝達関数84を算出し、画像補正装置13の画像復元用データ補間部19にて、補間処理により被測定素子以外の素子の光学的伝達関数を求めたが、本発明はこれに限られない。すなわち、画像復元用データ生成装置12にて、補間処理を行い、全素子の光学的伝達関数を生成してもよい。また、以上の説明では、画像復元用データ生成装置12にて、撮像光学系の歪曲特性を示す歪曲特性データ85を生成し、画像補正装置13の画像復元用データ補間部19にて、歪曲特性データ85を変換して歪曲補正用データ89を生成した。本発明はこれに限られず、画像復元用データ生成装置12にて歪曲補正用データを生成してもよい。

[0104] また、以上の説明では、撮像素子を構成する素子のうちの一部を被測定素子として、像強度分布データ83を生成して光学的伝達関数を算出し、他の素子については、補間処理によって光学的伝達関数を求めた。本発明はこれに限られず、すべての素子を照射光で走査して、すべての素子の像強度分布データを生成して、補間処理に依ることなく全素子の光学的伝達関数を算出してもよい。

[0105] また、以上の説明では、像強度分布測定装置にて、ピンホールまたはスリットを通過した照射光を軸外し放物面鏡で反射させて平行光にしたが、収差が補正された透過型光学系を透過させることで平行光にしてもよい。

[0106] さらに、以上の説明では、撮像カメラまたは反射ミラーを回転させることにより、被測定素子を走査したが、撮像カメラまたは反射ミラーを平行移動させることで被測定素



子を走査してもよい。

[0107] また、以上の説明では、タグの情報としてデータファイルを特定するファイルナンバーを用いる例について説明したが、他の情報を用いてもよい。例えば、データファイルのファイル名、ズーム条件とFナンバー・絞りなどのカメラ光学系の設定情報などを用いることができる。

[0108] (第7の実施の形態)

第7の実施の形態の画像補正システムを図12に示す。図12において、画像補正システム110は、ネットワーク103を介して互いに通信可能なカメラ付の携帯電話装置101および画像補正サーバ装置102を有する。

[0109] ネットワーク103は、例えばインターネットである。ネットワーク103を介したデータの送受信は、電子メールによる送受信であってもよいし、また、Webのサーバ・クライアント技術を利用してCGI(Common Gateway Interface)などでデータを送受信してもよい。

[0110] 携帯電話装置101は、撮像光学系111、二次元撮像素子112および画像処理部113を備えている。撮像光学系111は、焦点距離が固定された単焦点のレンズ系である。二次元撮像素子112は、CCDなどの固体撮像素子からなり、撮像光学系111を通過した被写体からの光を光電変換する機能を有している。画像処理部113は、二次元撮像素子112での光電変換にて生成された電気信号に対して、AD変換、DC T変換、量子化およびエントロピー符号化等の処理を行ってJPEG形式にて圧縮された画像を生成する機能を有している。この携帯電話装置101は、本発明のデジタル撮像装置に相当し、撮像光学系111、二次元撮像素子112および画像処理部113によって本発明の撮像手段が構成される。

[0111] 携帯電話装置101が薄型かつ小型に構成されると、撮像光学系111の焦点距離が短くなることによりFナンバーが大きくなり、二次元撮像素子112にはボケた被写体像が投影される。したがって、画像処理部113で得られる画像は撮像光学系111に起因して画質が劣化した画像である。この画像劣化について説明する。

[0112] 撮像光学系111の解像度を決定する光学的伝達関数および限界周波数は、撮像光学系111に収差が全くないときにもFナンバーに依存する。すなわち、撮像光学系

111のFナンバーが大きいときには点像強度分布 (Point Spread Function: PSF、点広がり関数ともいう) が広がり、光学的伝達関数および限界周波数は小さくなって、撮像光学系111の解像度は低下する。

[0113] 図13は、点像強度分布を示す図である。図13において、波線はFナンバーの大きな撮像光学系の点像強度分布であり、実線はFナンバーの小さな撮像光学系の点像強度分布である。図13から、Fナンバーが大きいと点像強度分布が広がることが分かる。点像強度分布が広がっていると、任意の2点を分解するレイリー分解能 $ra = 1.22 \lambda F$ は増大する。

[0114] 図14は、レイリー分解能の増大を点像強度分布のフーリエ変換である光学的伝達関数で示す図である。図14でも波線と実線は、それぞれFナンバーが小さい場合と大きい場合を示している。Fナンバーの大きな撮像光学系では、同一の空間周波数であっても、光学的伝達関数の絶対値であるMTF (Modulation Transfer Function) が小さく、しかも、限界周波数は無収差の場合の $U_c = 1 / (\lambda F)$ で表されるとおり小さくなっている。

[0115] そのため通常は、Fナンバーを十分小さくするように、焦点距離および入射瞳径が選ばれている。しかしながら、例えばカメラ付の携帯電話装置では薄型でレンズの枚数が限られているため、Fナンバーを小さくできない場合がある。この場合には、Fナンバーが大きくなると共に収差の影響が現れやすく、MTFの値が高周波成分で低下してしまう。このことが、二次元撮像素子112の画素数が増大しても画質が向上しない要因となっている。

[0116] この問題を光学的伝達関数をフーリエ変換して得られる点像強度分布関数の問題として表現し直すと、次のようになる。すなわち、Fナンバーの大きな撮像光学系では、点像強度分布が画素のピッチに対して広がっているために、レイリー分解能程度に接近した2点を十分に分離できなくなり、2点を分離できるという意味での分解能が、二次元撮像素子の増大ほどには向上しないことになる。

[0117] 二次元撮像素子における画素数の増大は、空間的なサンプリング周波数の増大であるので、画素数が増大すると空間的なナイキスト周波数が増大し、同じ開口率の場合にはMTFはより高空間周波数まで高い値を持つようになる。そのため、二次元撮

像素子の画素数を増やすと、画素数が増大する前のFナンバーの大きな撮像光学系では問題にならなかった空間周波数で、MTFの低下が目立つようになる。以上のように、撮像光学系111、二次元撮像素子112および画像処理部113からなる撮像手段によって得られる画像は、携帯電話装置の薄型化および画素数の増大に伴って劣化する。

[0118] 図12に戻って、携帯電話装置101は、画像記憶部114および表示部115を備えており、画像記憶部114には画像処理部113にて生成された画像を記憶し、表示部115は画像記憶部114に記憶された画像を表示する機能を有する。

[0119] 携帯電話装置101はさらに、操作部116、光学的伝達関数記憶部117、データファイル作成部118および無線送受信部119を備えている。操作部116は、ユーザからの種々の入力を受け付けるボタンを含んでいる。光学的伝達関数記憶部117には携帯電話装置101の光学的伝達関数が記憶されている。この光学的伝達関数記憶部117には、一般的には個々の携帯電話装置ごとに異なる光学的伝達関数が記憶される。

[0120] 光学的伝達関数は、後述するように補正対象画像をデコンボリューション処理により補正する際に用いられる。一般に、デジタルカメラの光学的伝達関数を測定するためには、そのデジタルカメラの撮像光学系の結像面にて、専用の光学的伝達関数の測定装置を設置して測定する必要がある。また、そのような測定のために、デジタルカメラを分解して再度組み立てるという作業が必要になる。通常、デジタルカメラのユーザは、そのような測定装置を持っておらず、また、分解および再組立も容易ではない。しかも、撮像光学系単独のMTFだけでなく、二次元撮像素子のMTFをも含めたデジタルカメラ全体のMTFの評価は一般のユーザにとってはなおさら困難である。

[0121] そこで、特別な測定装置を必要とせずにデジタルカメラでの撮像にて生成された画像から光学的伝達関数を求める試みがある。デジタルカメラにて得られた画像からデジタルカメラ全体のMTFを求める試みは、撮像光学系単独のMTFの他に二次元撮像素子のMTFも同時に評価している点で、デジタルカメラのMTFを評価するのに有用な手法である。このようなMTFの算出手法としては、例えばISO-12233の解像度チャートを利用して、ナイフエッジ画像の微分のフーリエ変換を用いて光学的伝

達関数を求める手法、および正弦波テストチャートを用いることで撮像後のコントラストからそれぞれの空間周波数でのMTFの値を求める手法が知られている。

[0122] しかしながら、正弦波テストチャートを用いた手法は、テストチャートのコントラストが正弦波になっているものを用いる必要があり、テストチャート自体が高価であることから、一般のユーザが容易に利用できない。また、テストチャートからMTFの値を求めること自体が容易ではない。このように、デコンボリューション処理に必要なMTFは、一般のユーザにはいずれの手法でも入手が困難である。

[0123] なお、MTFが不要なデコンボリューション処理として、ハッブル望遠鏡のピンぼけ画像の復元に用いられたことで知られるブラインド・デコンボリューション処理がある。しかし、このブラインド・デコンボリューションは、一般のユーザが安定して容易に使える手法ではない。ブラインド・デコンボリューションでは、光学的伝達関数をもデコンボリューション画像とともに同時に反復法で推定するので、計算量が膨大になり、しかも計算結果の信頼性も低い。

[0124] そのため、ブラインド・デコンボリューションは、ハッブル望遠鏡のピンぼけ画像から鮮明な画像を復元する例のように、実際の観測の中で理想的に点光源とみなせるほど天体の像から点像強度分布が測定されているとみなせる特殊な状況下においてのみ効果的であり、一般の画像の場合には、ブラインド・デコンボリューションを安定して容易に使うことは困難である。このように、ブラインド・デコンボリューションは、光学的伝達関数が評価できないときであって、しかも原画像の性質がある程度分かっているときに限って有効であり、本実施の形態のように、任意の画像を撮像するカメラ付の携帯電話装置101には適さない。

[0125] そこで、本実施の形態では、カメラ付の携帯電話装置101の製造段階にて、光学的伝達関数を測定し、光学的伝達関数記憶部117に予めその携帯電話装置101の光学的伝達関数を記憶させておく。これにより、ユーザは、携帯電話装置101を購入すると、画像を撮像するための撮像手段と共に、その撮像手段の光学的伝達関数を得ることができる。

[0126] 撮像光学系111がズーム機能を有する場合には、光学的伝達関数記憶部117にはズームや焦点の変化に応じた複数の光学的伝達関数を記憶させる。また、カラー

画像の場合はRGBの各色に対して点像強度分布もしくはMTFを測定する。なお、一般的に点像強度分布は撮像光学系の収差などのために画像の場所によって異なるものであり、テストチャートで評価したMTFの値は撮像領域の中央と四隅とでは異なる。そこで、撮像領域を複数の小領域に分割し、それらの小領域ごとに画像をデコンボリューション処理するために、小領域ごとに光学的伝達関数を記憶しておくことが有効である。小領域ごとに異なる点像強度分布を求めるにあたって、点像強度分布を場所の関数として補間してもよい。

- [0127] データファイル作成部118は、操作部116からのユーザの指示に基づいて、ユーザにて指定された画像を画像記憶部114から補正対象画像として読み出すとともに、光学的伝達関数記憶部117から光学的伝達関数を読み出し、補正対象画像と光学的伝達関数とが関連づけられたデータファイルを作成する機能を有している。このデータファイルは、補正対象画像と光学的伝達関数との2つのデータを1つのアーカイブファイルにしたり、2つのデータ名の一部を共通にするなど、補正対象画像日して光学的伝達関数を一意に定めることができるものである。
- [0128] 無線送受信部119は、ネットワーク103を介してファイル作成部18にて作成されたデータファイルを無線でネットワーク103に送出し、画像補正サーバ装置102に送信する機能を有している。このようにデータファイルを作成して画像補正サーバ装置102に送信する構成は、本発明の出力手段ないしは送信手段に相当する。なお、携帯電話装置101は、以上説明した機能に加えて、図示しない構成による通話機能やWebブラウザ機能などの機能を有している。
- [0129] 画像補正サーバ装置102は、送受信部121およびデコンボリューション処理部122を備えている。送受信部121は、携帯電話装置101から送信されてきたデータファイルを受信する機能、およびデコンボリューション処理部122にて得られた補正画像を携帯電話装置101に返信する機能を有している。この送受信部121は、本発明の受信手段および送信手段に相当する。デコンボリューション処理部122は、送受信部121にて受信したデータファイルに含まれる光学的伝達関数を用いて、そのデータファイルに含まれる画像をデコンボリューション処理する機能を有しており、本発明の画像補正手段に相当する。

[0130] 以上のように構成された画像高画質システム10について、図15を用いてその動作を説明する。まず、二次元撮像素子112は撮像光学系111を通過した被写体からの光を取り込んで光電変換して電気信号を出力し、画像処理部113は二次元撮像素子112から出力された電気信号を処理して画像を生成し、画像処理部113にて生成された画像を画像記憶部114に記憶させる(ステップS41)。そして、ユーザが操作部116を操作することにより画像記憶部114に記憶された画像の中から補正対象画像を指定して画像補正の指示をすると(ステップS42)、データファイル作成部118は指定された補正対象画像を画像記憶部114から読み出し、光学的伝達関数記憶部117から光学的伝達関数を読み出して、両者を関連づけてデータファイルを作成する(ステップS43)。

[0131] 次に、無線送受信部119は、データファイル作成部118にて作成されたデータファイルを画像補正サーバ装置102に送信する(ステップS44)。画像補正サーバ装置102は、携帯電話装置101から送信されてきたデータファイルを受信して(ステップS45)、データファイルに含まれる光学的伝達関数を用いて補正対象画像をデコンボリューション処理する(ステップS46)。

[0132] ステップS46における画像補正サーバ装置102でのデコンボリューション処理について説明する。まず、デコンボリューション処理部122は、デコンボリューション処理の復元フィルタ $M(u, v)$ として、以下の関数を用いる。

[数2]

$$M(u, v) = \frac{H^*(u, v) S_{ff}(u, v)}{S_{ff}(u, v) |H(u, v)|^2 + S_{vv}(u, v)}$$

$$= \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + [S_{vv}(u, v) / S_{ff}(u, v)]}$$

上記の式にて $H(u, v)$ は光学的伝達関数であり、 $S_{ff}$ は入力信号のスペクトル密度であり、 $S_{vv}(u, v)$ はノイズのスペクトル密度である。デコンボリューション処理部122は、この光学的伝達関数 $H(u, v)$ として、携帯電話装置101から送信されてきたデ

ータファイルに含まれる光学的伝達関数を用いる。なお、この復元フィルタ $M(u, v)$ は、画像のノイズ特性に応じて、デコンボリューション処理の対象となる画像ごとに、デコンボリューション処理部122にて作成される。

[0133] 原画像を $f(x, y)$ 、劣化画像を $g(x, y)$ 、復元画像を $\hat{f}(x, y)$ とし、それぞれの2次元フーリエ変換を $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ および $\hat{F}(u, v)$ とすると、

$$\hat{F}(u, v) = (H(u, v) * M(u, v)) * F(u, v)、および$$

$$\hat{F}(u, v) = M(u, v) * G(u, v)$$

が成り立つ。ここで、「 $*$ 」は周波数空間における掛け算を表している。デコンボリューション処理部122は、この劣化画像 $g(x, y)$ として、カメラ付携帯電話装置101から送信されてきたデータファイルに含まれる補正対象画像を用いる。

[0134] デコンボリューション処理部122は、補正対象画像の2次元フーリエ変換 $G(u, v)$ に復元フィルタ $M(u, v)$ を畳み込み積分して補正画像のフーリエ変換 $\hat{F}(u, v)$ を算出し、これを逆フーリエ変換して復元画像 $\hat{f}(x, y)$ を求める。デコンボリューション処理部122は、補正画像としてこの復元画像 $\hat{f}(x, y)$ を出力する。

[0135] デコンボリューション処理部122が上記のようにして補正画像を求めると、送受信部121はこの補正画像を携帯電話装置101に返信する(ステップS47)。そして、携帯電話装置101の無線送受信部119は、ネットワーク103から補正画像を受信する(ステップS48)。

[0136] なお、上記の動作において、ステップS42にてユーザが画像補正の指示を行った後は、携帯電話装置101および画像補正サーバ装置102にてステップS42からステップS48までの処理が自動的に実行される。これにより、携帯電話装置101のユーザは、デコンボリューション処理を携帯電話装置101の内部で行ったのと同等の操作性を得られる。そして、実際には外部の装置である画像補正サーバ装置102を使用することで、例えば画素数の多い画像を多数デコンボリューション処理する場合でも、快適な操作性を得られる。

[0137] このような本発明の第7の実施の形態の画像補正システム110によれば、カメラ付の携帯電話装置101にて得られた画像を補正するために、携帯電話装置101から補正対象画像を送信して、画像補正サーバ装置102にてデコンボリューション処理

により補正を行うので、携帯電話装置101内にデコンボリューション処理を行うための構成を備えるが必要ない。

- [0138] そして、第7の実施の形態の画像補正システム110では、携帯電話装置101が、画像補正サーバ装置102に補正対象画像を送信する際に、この補正対象画像と携帯電話装置101の光学的伝達関数を関連づけて送信するので、画像補正サーバ装置102は補正対象画像のデコンボリューション処理にて用いるべき光学的伝達関数を容易に取得できる。なお、本実施の形態では、カメラ付の携帯電話装置101の製造段階にて、光学的伝達関数を測定し、光学的伝達関数記憶部117に予めその携帯電話装置101の光学的伝達関数を記憶しておくこととしているが、光学的伝達関数記憶部117には、カメラ付の携帯電話装置101の型番やズームのパターン等の情報を記憶しておき、サーバ側で、その情報から、光学的伝達関数を結びつけてもよい。

- [0139] (第8の実施の形態)

次に、図16および図17を参照して、本発明の第8の実施の形態を説明する。

図16は、本実施の形態の画像補正システムを示す図である。図16において、画像高画質システム20は、ネットワーク103を介して互いに通信可能なカメラ付の携帯電話装置101、画像補正サーバ装置102および端末装置104を有する。

- [0140] 携帯電話装置101の構成は第7の実施の形態と同様である。ただし、データファイル作成部118は、光学的伝達関数に加えて、さらに操作部116より入力された補正画像の送信先を示す情報(送信先情報)を補正対象画像に関連づけてデータファイルを作成する。すなわち、本実施の形態のデータファイル作成部118は、補正対象画像、光学的伝達関数および補正画像の送信先情報を含むデータファイルを作成する。なお、補正画像の送信先は複数指定できる。

- [0141] 画像補正サーバ装置102は、第7の実施の形態と同様に、送受信部121およびデコンボリューション処理部122を含んでおり、これらは第7の実施の形態と同様の機能を有している。本実施の形態の画像補正サーバ装置102は、さらに宛先指定部123を備えている。宛先指定部123は、送受信部121によるデータ送信の送信先としてデータファイルに含まれる送信先情報にて示される送信先を指定する機能を有して



いる。また、端末装置104は、画像補正サーバ装置102より送信されてきた補正画像を受信して表示する機能を有している。

[0142] 以上のように構成された画像高画質システム20について、図17を用いてその動作を説明する。まず、第7の実施の形態と同様にして、カメラ付携帯電話装置101にて被写体の画像を取り込む(ステップS61)。次に、操作部116より画像補正の指示を受け付けるが(ステップS62)、ここでは、補正対象画像の指定と共に補正画像の送信先の指定を受け付ける。そして、データファイル作成部118は、補正対象画像と光学的伝達関数とステップS62にて入力を受け付けた送信先を示す送信先情報とが関連づけられたデータファイルを作成し(ステップS63)、無線送受信部119はこのデータファイルを画像補正サーバ装置102に送信する(ステップS64)。なお、ステップS62にて補正対象画像を指定する操作を送信対象の画像を指定する操作としてもよい。これにより、ユーザに画像補正を意識させないでステップS63以降の処理を行える。

[0143] 画像補正サーバ装置102では、第7の実施の形態と同様にして、送受信部121がデータファイルを受信し(ステップS65)、デコンボリューション処理部122がデータファイルに含まれる光学的伝達関数を用いて補正対象画像をデコンボリューション処理する(ステップ66)。そして、デコンボリューション処理部122にて補正画像が得られると、宛先指定部123にてこの補正画像をカメラ付携帯電話装置101から受信したデータファイルに含まれる送信先情報にて示される送信先が指定されて、送受信部121より補正画像が送信される(ステップS67)。送信先として指定された端末装置104は、ネットワーク103を介して補正画像を受信する(ステップS68)。

[0144] このような本発明の第8の実施の形態の画像補正システム120によっても、第7の実施の形態の画像補正システム110と同様に、カメラ付の携帯電話装置101にて得られた画像を補正するために、携帯電話装置101から補正対象画像を送信して、画像補正サーバ装置102にてデコンボリューション処理により補正を行うので、携帯電話装置101内にデコンボリューション処理を行うための構成を備えるが必要ない。

[0145] そして、画像補正システム120では、携帯電話装置101が、画像補正サーバ装置102に補正対象画像を送信する際に、この補正対象画像と携帯電話装置101の光学

的伝達関数を関連づけて送信するので、画像補正サーバ装置102は補正対象画像のデコンボリューション処理にて用いるべき光学的伝達関数を容易に取得できる。

[0146] さらに、補正画像を画像補正サーバ装置102から直接端末装置104に送信するので、画像補正サーバ装置102から携帯電話装置101に補正画像を返信した後にさらに携帯電話装置101から端末装置104に補正画像を送信する場合と比較して、携帯電話装置101と画像補正サーバ装置102との間のトラフィックを減らせるという利点がある。

[0147] (第9の実施の形態)

次に、図18および図19を参照して、本発明の第9の実施の形態を説明する。

図18は、本実施の形態の画像補正システムを示す図である。図18において、画像補正システム130は、ネットワーク103を介して互いに通信可能なデジタルカメラ105およびパーソナルコンピュータ106を有する。

[0148] デジタルカメラ105は、第7および第8の実施の形態の携帯電話装置101と同様に、撮像光学系111、二次元撮像素子112、画像処理部113、表示部115、操作部116、光学的伝達関数記憶部117およびデータファイル作成部118を備えている。これらの機能は、第7の実施の形態と同様であり、デジタルカメラ105は本発明のデジタル撮像装置に相当する。デジタルカメラ105は、さらに、読出書込部151および通信インターフェイス152を備えている。

[0149] 読出書込部151は、フラッシュメモリカード等の記録媒体171にデータを書き込み、また、記録媒体171からデータを読み出す機能を有している。通信インターフェイス152は、USB(Universal Serial Bus)のインターフェイスであり、USBケーブル172を通して外部の装置との間でデータを送受信する機能を有している。

[0150] 本実施の形態では、画像処理部113にて生成された画像が、読出書込部151によって記録媒体171に書き込まれる。そして、データファイル作成部118は、読出書込部151にて記録媒体171から読み出された画像を取り込む機能を有している。また、通信インターフェイス152は、読出書込部151にて記録媒体171から読み出された画像を外部の装置に送信する機能を有している。また、読出書込部151は、データファイル作成部118からデータファイルを取り込んで記録媒体171に書き込む機能を

有しており、この機能は本発明の出力手段に相当する。さらに、通信インターフェイス152はデータファイル作成部118からデータファイルを取り込んで送信する機能を有しており、この機能は本発明の出力手段ないしは送信手段に相当する。

[0151] パーソナルコンピュータ106は、読出書込部161、通信インターフェイス162およびデコンボリューション処理部122を備えている。デコンボリューション処理部122の機能は第7の実施の形態と同じである。読出書込部161および通信インターフェイス162は、デジタルカメラ105の読出書込部151および通信インターフェイス152と同じ機能を有する。なお、パーソナルコンピュータ106では、読出書込部161または通信インターフェイス162より入力されたプログラムがOS上で実行されることによりデコンボリューション処理部122が実現される。

[0152] 以上のように構成された画像補正システム130について、図19を用いてその動作を説明する。まず、第7の実施の形態の携帯電話装置101と同様にして、デジタルカメラ105にて被写体を撮像し、撮像画像を取り込む(ステップS81)。そして、操作部116よりデータファイル作成の指示を受け付けるが(ステップS82)、ここでの処理は、第7の実施の形態における画像補正の指示を受け付ける処理(図15のステップS42)と同様であり、補正対象画像が指定される。

[0153] 操作部116にて補正対象画像の指定を伴うデータファイル作成の指示が入力されると、データファイル作成部118は、指定された画像を読出書込部151に記録媒体171から読み出させてこれを取り込み、さらに、光学的伝達関数記憶部117から光学的伝達関数を取り込み、これらを関連づけてデータファイルを作成する(ステップS83)。データファイル作成部118にて作成されたデータファイルは、読出書込部151にて記録媒体171に書き込まれるか、または、通信インターフェイス152からUSBケーブル172を通して送信される(ステップS84)。

[0154] パーソナルコンピュータ106では、読出書込部161が記録媒体171からデータファイルを読み出し、または、通信インターフェイス162がUSBケーブル172を介してデータファイルを受信する(ステップS85)。そして、ユーザより画像補正の指示がなされると(ステップS86)、デコンボリューション処理部122がデータファイルに含まれる光学的伝達関数を用いて補正対象画像をデコンボリューション処理し(ステップS87)、

補正画像が生成される。

[0155] このような本発明の第9の実施の形態の画像補正システム130によっても、第7の実施の形態の画像補正システム110と同様に、デジタルカメラ105にて得られた画像を補正するために、補正対象画像を記録媒体171へ書込み、または補正対象画像を通信ケーブル72へ送出して、画像補正サーバ装置102にてデコンボリューション処理を行うので、デジタルカメラ105内にデコンボリューション処理を行うための構成を備えるが必要ない。

[0156] そして、第9の実施の形態の画像補正システム130では、デジタルカメラ105が、パーソナルコンピュータ106に補正対象画像を出力する際に、この補正対象画像とデジタルカメラ105の光学的伝達関数を関連づけて出力するので、パーソナルコンピュータ106は補正対象画像のデコンボリューション処理にて用いるべき光学的伝達関数を容易に取得できる。

[0157] なお、以上の説明では、携帯電話装置101およびデジタルカメラ105が光学的伝達関数を補正対象画像に関連づけて送信する例を説明したが、点像強度分布を携帯電話装置101およびデジタルカメラ105に記憶させておき、これを補正対象画像に関連づけて送信してもよい。光学的伝達関数は、点像強度分布の2次元フーリエ変換と逆変換で相互に変換される関係にあり、光学的伝達関数および点像強度分布は、いずれも本発明の劣化要因情報に相当する。

[0158] なお、第7および第8の実施の形態の携帯電話装置101は、カメラ機能を主機能とする通信機能付きのデジタルカメラであってもよく、また、第9の実施の形態のデジタルカメラ5は、記録媒体に画像を書き込む機能を有するカメラ付の携帯電話装置またはUSBケーブルを介してパーソナルコンピュータに画像を出力する機能を有するカメラ付の携帯電話装置であってもよい。

#### 産業上の利用可能性

[0159] 以上のように、本発明にかかる光学的伝達関数の測定方法は、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの光学的伝達関数を求めるので、実際に撮像カメラに配置された撮像光学系に起因して生じる画像劣化の要因と、撮像素子の素子クロストークによる画像劣化の要因が反映された光学伝達関数を算出でき、かつ、撮像

カメラを分解することなく容易に光学的伝達関数を算出できるという効果を有し、携帯電話装置に搭載される小型または薄型の撮像カメラ等の光学的伝達関数を測定する方法として有用である。

- [0160] また、本発明にかかる画像補正方法は、デジタル撮像装置にて撮像手段に起因して劣化した画像を補正するための劣化要因情報を撮像手段にて生成された画像に関連づけて出力し、デコンボリューション処理は画像補正サーバ装置にて行うので、デジタル撮像装置の処理負担を増大させることなく、デコンボリューション処理により補正した補正画像を得られるという効果を有し、カメラ付の携帯電話装置等での撮像にて得られた画像を補正する方法として有用である。

### 請求の範囲

- [1] 光源から照射光を照射するとともに、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの前記撮像素子のうちの被測定素子上にて前記照射光を走査する走査ステップと、
- 前記走査ステップでの被測定素子の走査にともなって前記照射光を前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、
- 前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、
- を含むことを特徴とする光学的伝達関数の測定方法。
- [2] 前記演算ステップは、前記走査ステップでの前記照射光の走査にともなって前記被測定素子にて逐次変換された電気信号の分布を示す像強度分布データを生成し、前記像強度分布データに基づいて前記被測定素子の前記光学的伝達関数を算出することを特徴とする請求項1に記載の光学的伝達関数の測定方法。
- [3] 前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像面での近軸像の径が前記素子のピッチの2分の1以下になる共役条件にて、前記撮像面での投影像が点状となる照射光を照射し、
- 前記演算ステップは、前記像強度分布データとして、点像強度分布データを生成し、前記点像強度分布データに基づいて前記光学的伝達関数を算出することを特徴とする請求項2に記載の光学的伝達関数の測定方法。
- [4] 前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像面での近軸像の幅が前記素子のピッチの2分の1以下になる共役条件にて、前記撮像面での投影像が線状となる照射光を照射し、
- 前記演算ステップは、前記像強度分布データとして、線像強度分布データを生成し、前記線像強度分布データに基づいて前記光学的伝達関数を算出することを特徴とする請求項2に記載の光学的伝達関数の測定方法。
- [5] 前記走査ステップは、複数の前記被測定素子上にて前記照射光を走査し、
- 前記演算ステップは、前記複数の被測定素子の光学的伝達関数を用いた補間処

理により、前記被測定素子以外の素子の光学的伝達関数を算出する処理を含むことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の光学的伝達関数の測定方法。

- [6] 前記像強度分布データと、当該像強度分布データに対応する被測定素子の位置情報を用いて、前記撮像面での像の歪みに関する歪曲特性データを生成する歪曲特性データ生成ステップをさらに含むことを特徴とする請求項2ないし請求項5のいずれかに記載の光学的伝達関数の測定方法。
- [7] 前記走査ステップは、前記照射光の前記撮像カメラへの照射角度または照射位置の少なくとも一方を変更することにより、前記照射光を走査することを特徴とする請求項1に記載の光学的伝達関数の測定方法。
- [8] 前記走査ステップは、前記撮像カメラの角度または位置の少なくとも一方を変更することにより、前記被撮像素子上にて前記照射光を走査することを特徴とする請求項1に記載の光学的伝達関数の測定方法。
- [9] 請求項1ないし請求項8のいずれかの測定方法にて光学的伝達関数を測定し、測定された光学的伝達関数を用いて、前記撮像カメラにて取得された画像データの復元処理を行うことを特徴とする画像復元方法。
- [10] 被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラを備え、  
光源から照射光を照射するとともに、前記撮像カメラの撮像光学系と撮像素子とが一体となった状態で、前記照射光によって前記撮像素子のうちの被測定素子を走査する走査ステップと、  
前記走査ステップで走査される前記照射光を、前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、  
前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、  
を含む測定方法によって測定された光学的伝達関数を保存する記憶手段と、  
前記記憶手段に保存された光学的伝達関数と前記撮像カメラにて生成した画像データとをセットにして送信する送信手段と、

を備えたことを特徴とする携帯電話装置。

- [11] 被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラを備え、  
光源から照射光を照射するとともに、前記撮像カメラの撮像光学系と撮像素子とが一体となった状態で、前記照射光によって前記撮像素子のうちの被測定素子を走査する走査ステップと、  
前記走査ステップで走査される前記照射光を、前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、  
前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、  
を含む測定方法によって測定された光学的伝達関数を保存する記憶手段と、  
前記記憶手段に保存された光学的伝達関数と前記撮像カメラにて生成した画像データとをセットにして送信する送信手段と、  
を備えたことを特徴とするデジタル撮像装置。

- [12] 被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラを備え、  
光源から照射光を照射するとともに、前記撮像カメラの撮像光学系と撮像素子とが一体となった状態で、前記照射光によって前記撮像素子のうちの被測定素子を走査する走査ステップと、  
前記走査ステップで走査される前記照射光を、前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、  
前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、  
を含む測定方法によって測定された光学的伝達関数を含むデータファイルのファイルナンバーを、前記撮像カメラにて生成した画像データに付するタグ生成手段を備えたことを特徴とする携帯電話装置。

- [13] 被写体を撮像して画像データを生成する撮像カメラを備え、  
光源から照射光を照射するとともに、前記撮像カメラの撮像光学系と撮像素子とが



一体となった状態で、前記照射光によって前記撮像素子のうちの被測定素子を走査する走査ステップと、

前記走査ステップで走査される前記照射光を、前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、

前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、

を含む測定方法によって測定された光学的伝達関数を含むデータファイルのファイルナンバーを、前記撮像カメラにて生成した画像データに付するタグ生成手段を備えたことを特徴とするデジタル撮像装置。

- [14] デジタル撮像装置にて被写体を撮像して生成された画像と、前記デジタル撮像装置の撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報とを関連づけて前記デジタル撮像装置から出力するステップと、

画像補正サーバ装置にて、前記デジタル撮像装置から出力された前記画像を、前記画像に関連づけられた前記劣化要因情報を用いてデコンボリューション処理するステップと、

を含むことを特徴とする画像補正方法。

- [15] 被写体を撮像して画像を生成する撮像手段と、  
前記撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報を記憶する劣化要因情報記憶手段と、  
前記劣化要因情報を前記画像に関連づけて出力する出力手段と、  
を備えたことを特徴とするデジタル撮像装置。

- [16] 前記出力手段から出力された前記劣化要因情報を用いて前記画像を補正することにより得られた補正画像を受信する受信手段を備えたことを特徴とする請求項15に記載のデジタル撮像装置。

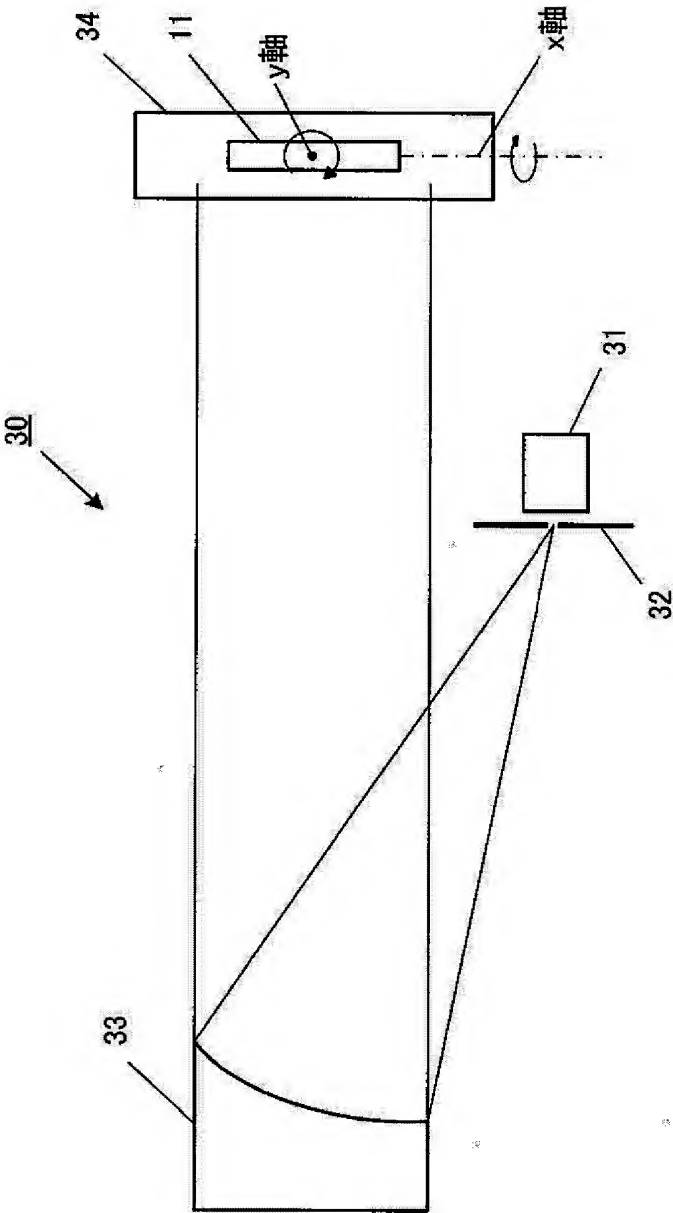
- [17] 前記劣化要因情報記憶手段は、前記劣化要因情報として、デコンボリューション処理に用いる光学的伝達関数を記憶することを特徴とする請求項15または請求項16に記載のデジタル撮像装置。

- [18] 前記出力手段は、前記劣化要因情報を前記画像に関連づけて送信する送信手段であることを特徴とする請求項15ないし請求項17のいずれかに記載のデジタル撮像装置。
- [19] 前記出力手段は、前記劣化要因情報を前記画像に関連づけて記録媒体に書き込む書込手段であることを特徴とする請求項15ないし請求項17のいずれかに記載のデジタル撮像装置。
- [20] デジタル撮像装置にて被写体を撮像して生成された画像と、前記デジタル撮像装置の撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報とを前記デジタル撮像装置から受信する受信手段と、  
前記画像を前記劣化要因情報を用いてデコンボリューション処理する画像補正手段と、  
前記デコンボリューション処理にて得られた補正画像を送信する送信手段と、  
を備えたことを特徴とする画像補正サーバ装置。
- [21] 前記受信手段は、前記画像および劣化要因情報と共に前記補正画像の送信先を指定する送信先情報を受信し、  
前記送信手段は、前記送信先情報にて指定された送信先に前記補正画像を送信することを特徴とする請求項20に記載の画像補正サーバ装置。
- [22] デジタル撮像装置と画像補正サーバ装置とを有する画像補正システムであって、  
前記デジタル撮像装置は、被写体を撮像して画像を生成する撮像手段と、補正画像の送信先を指定する指定手段と、前記撮像手段にて生成された画像と前記指定手段にて指定された送信先を示す送信先情報とを関連づけて前記画像補正サーバ装置に送信する送信手段とを備え、  
前記画像補正サーバ装置は、前記デジタル撮像装置から出力された前記画像をデコンボリューション処理して前記補正画像を得る画像補正手段と、前記画像補正手段にて得られた前記補正画像を前記画像に関連づけられた送信先情報にて示される送信先に送信する送信手段とを備えたことを特徴とする画像補正システム。
- [23] デジタル撮像装置にて被写体を撮像して生成された画像と、前記デジタル撮像装置の撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報とを含

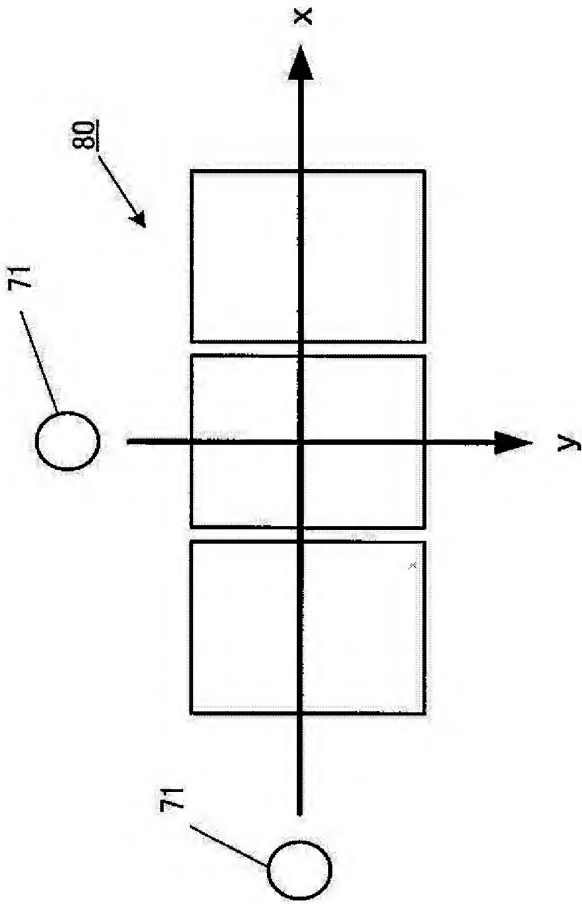
むデータファイルの入力を受け付けるステップと、

前記デジタル撮像装置から出力された前記データファイルに含まれる前記画像を、  
前記前記画像と共に前記データファイルに含まれる前記劣化要因情報を用いてデコンボリューション処理する画像補正ステップと、  
を含む画像補正方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

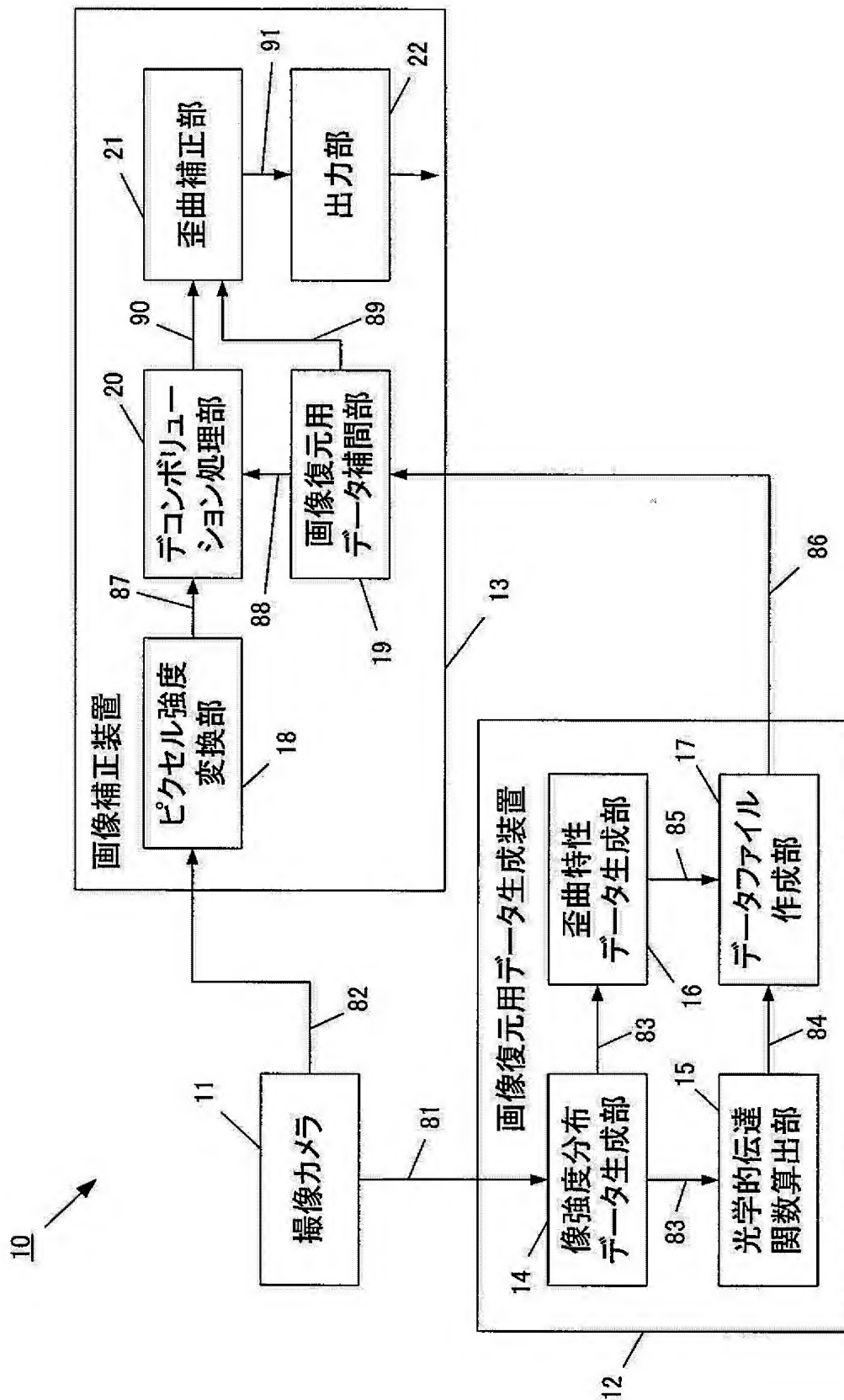
[図1]



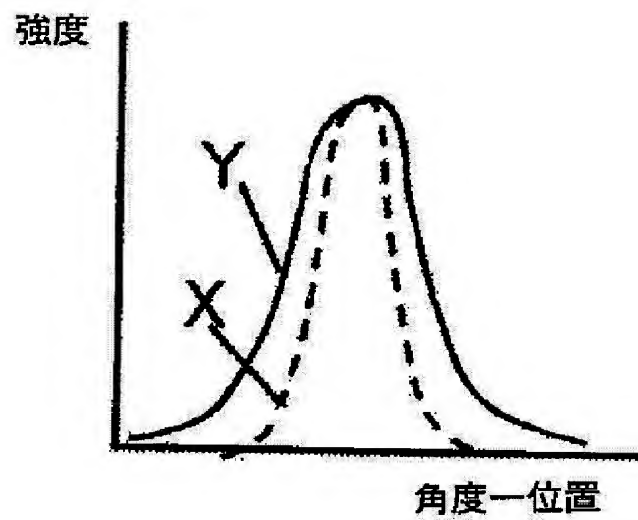
[図2]



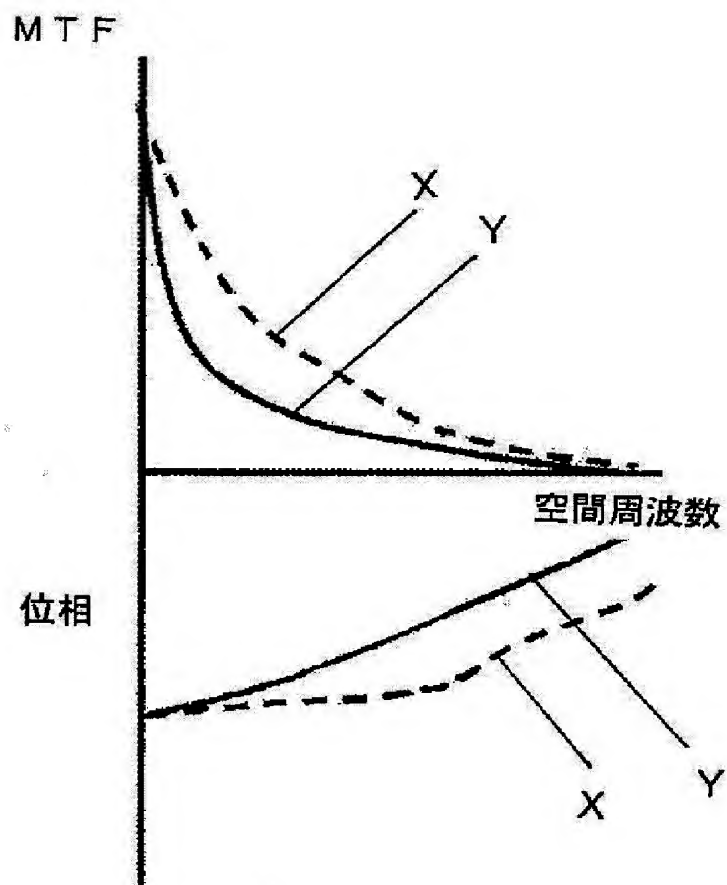
[図3]



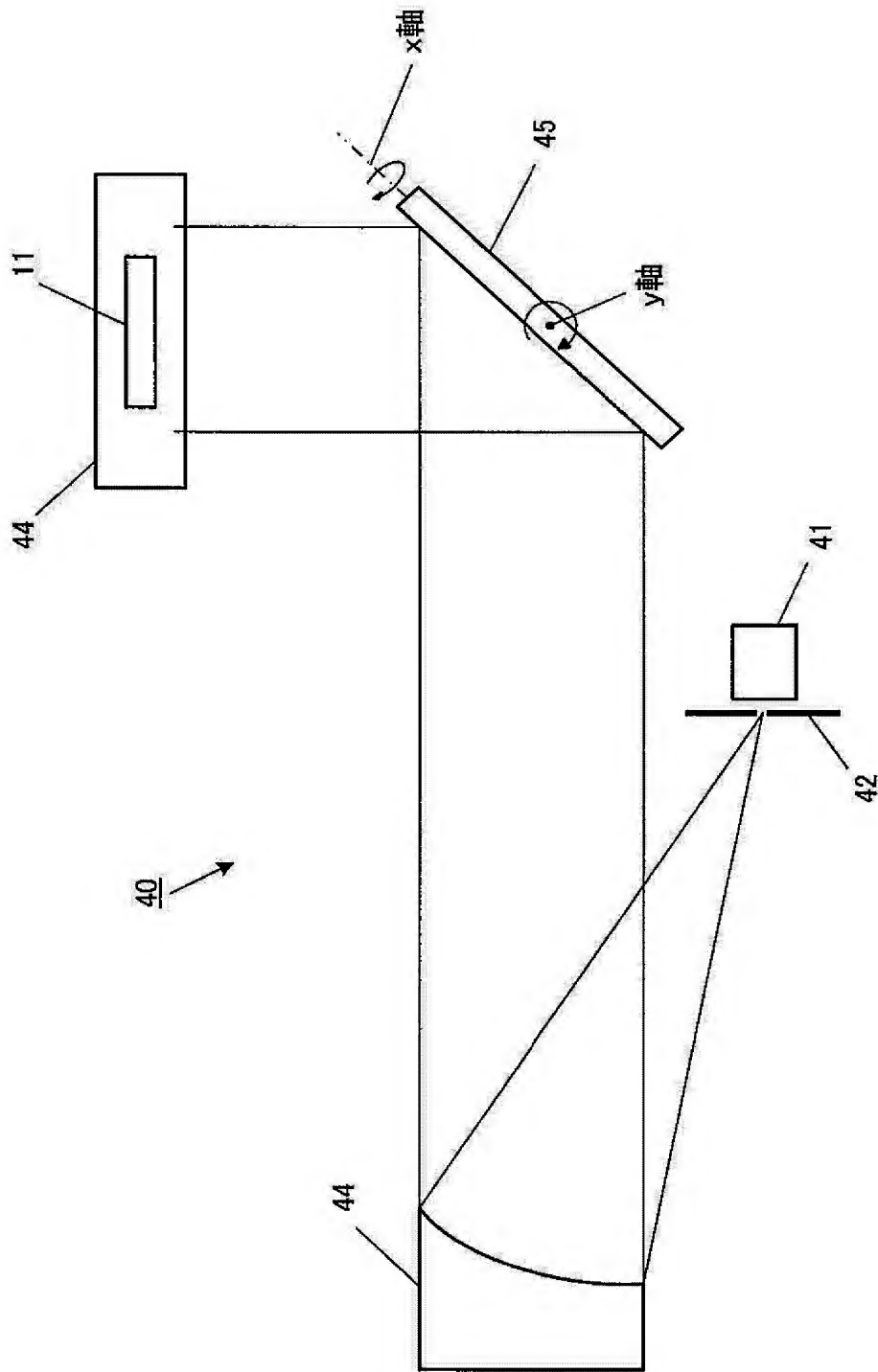
[図4]



[図5]

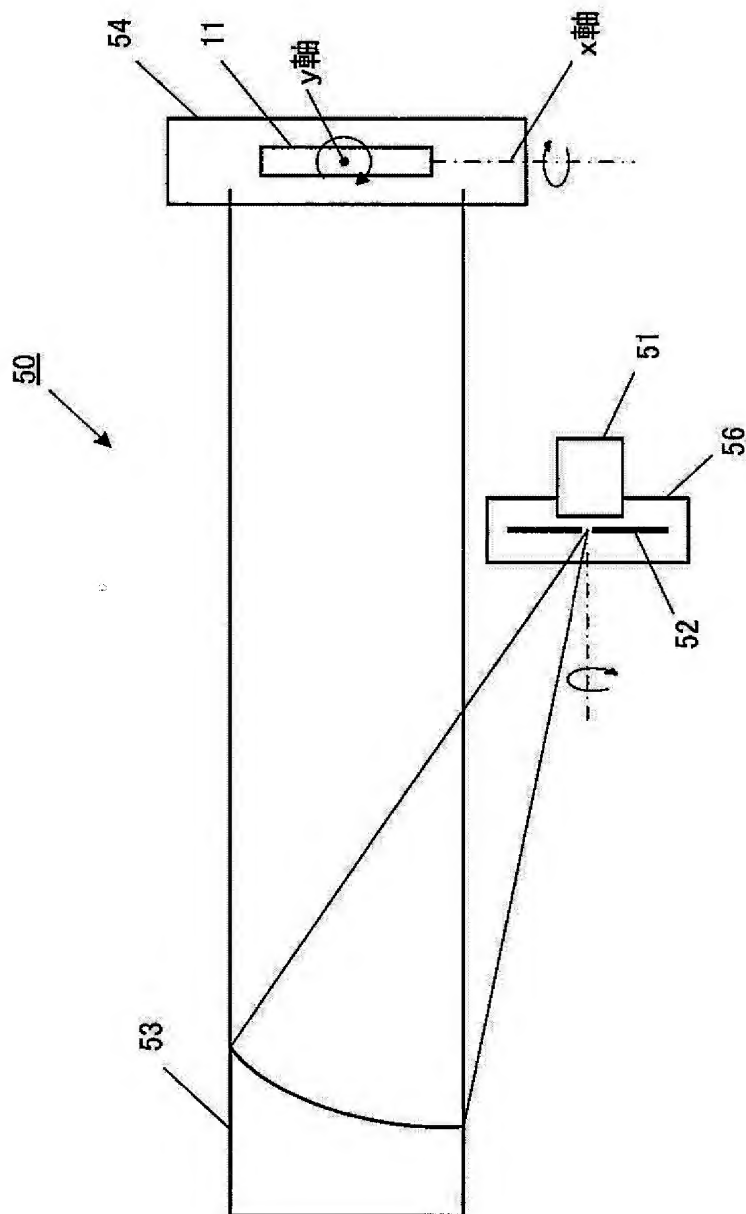


[図6]

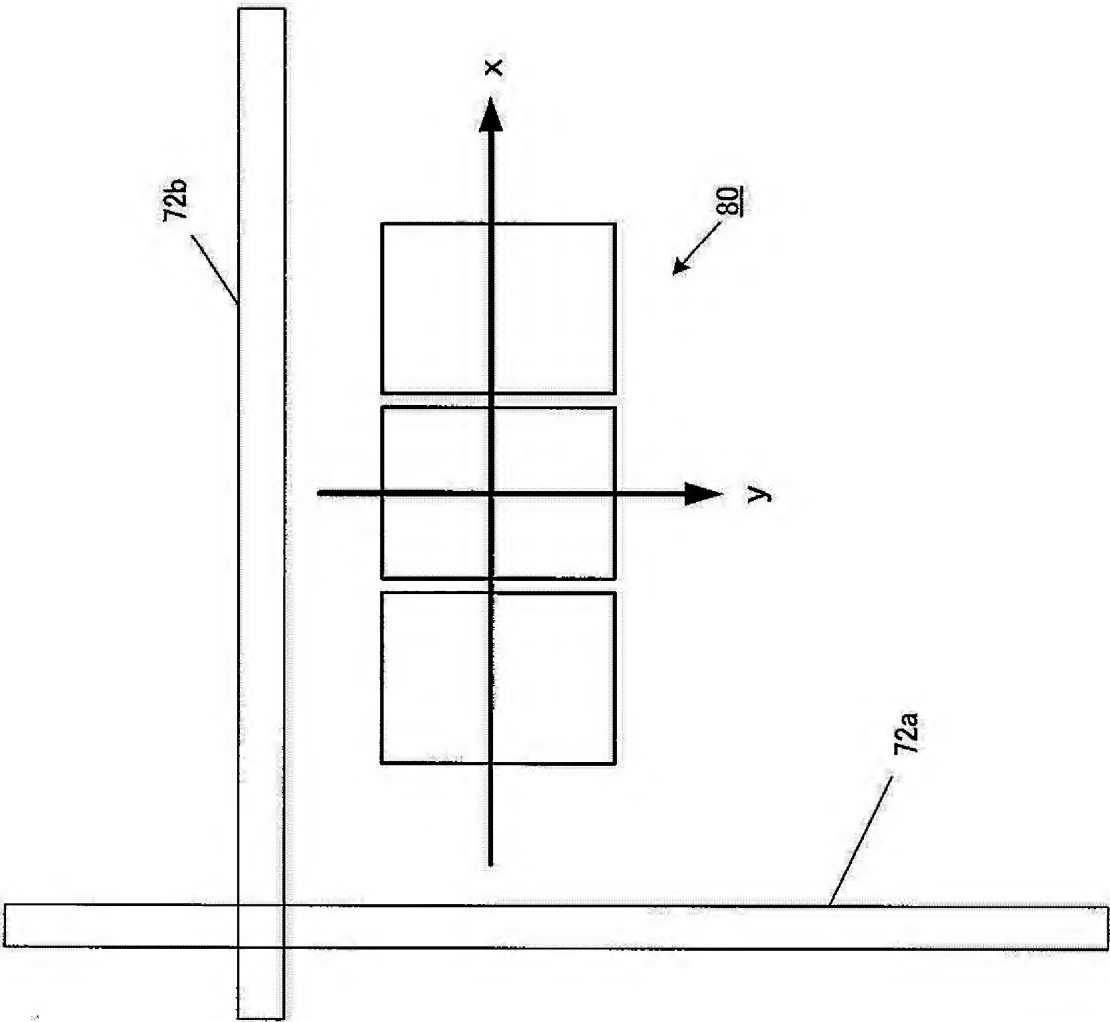




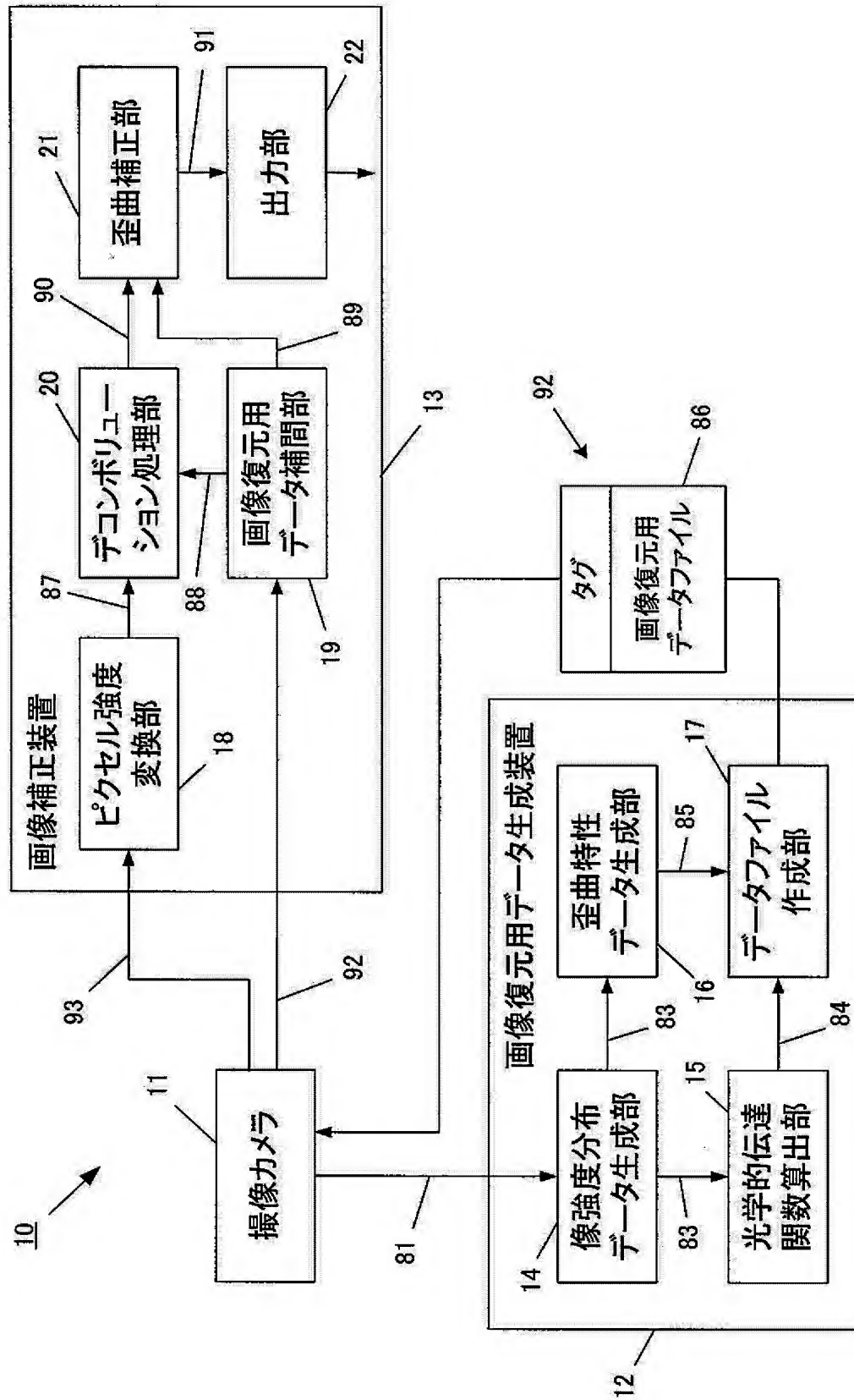
[図7]



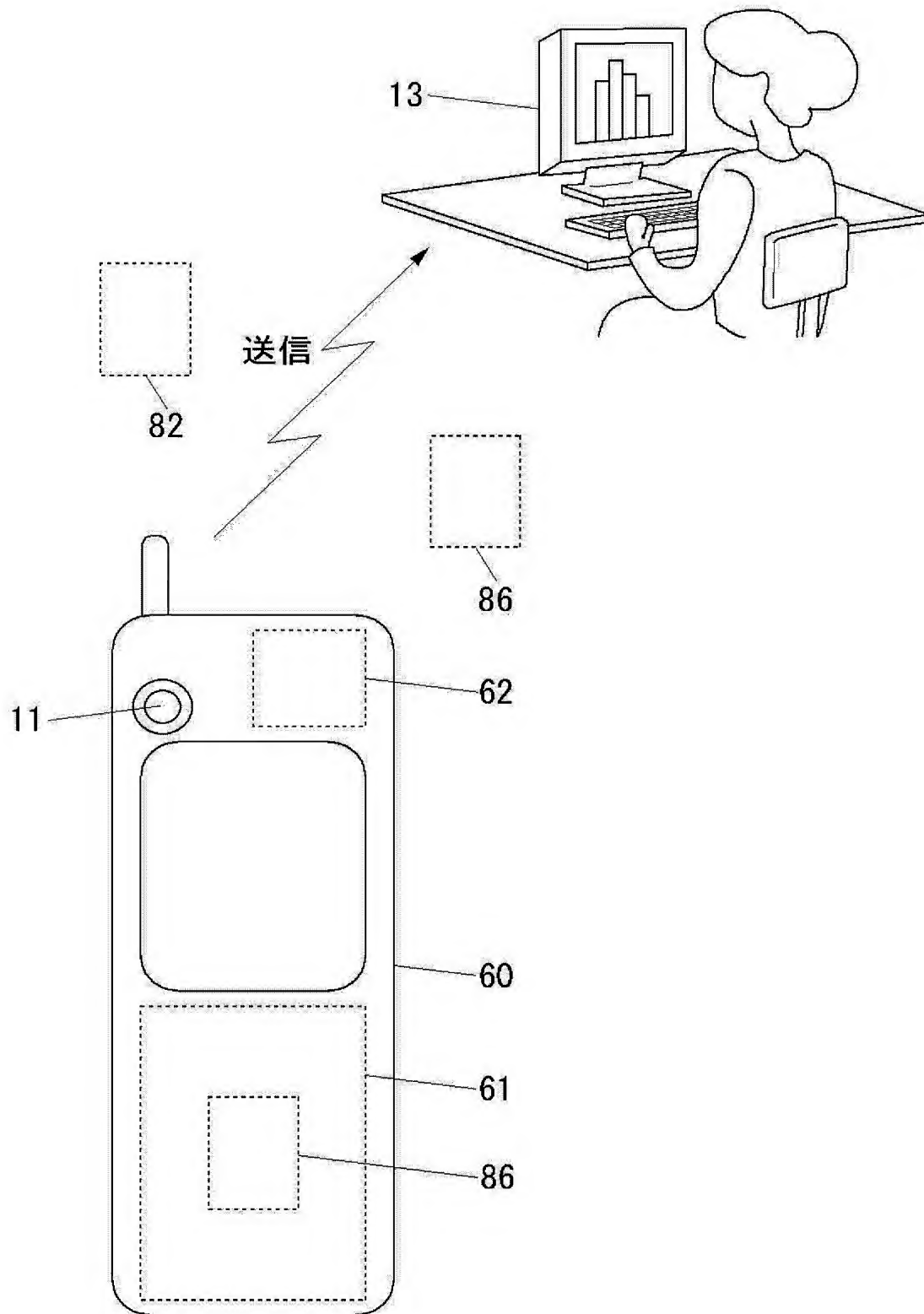
[図8]



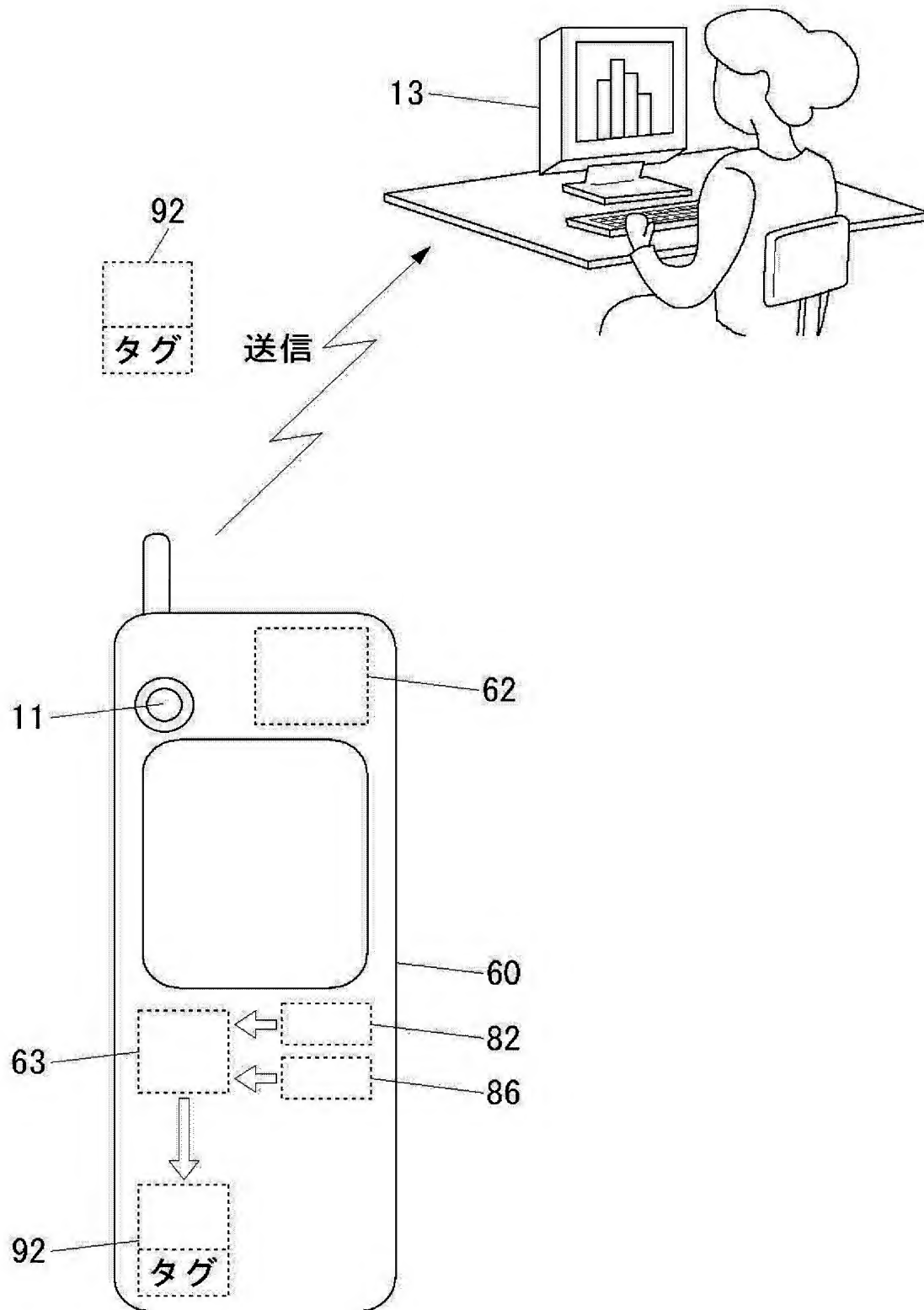
[図9]



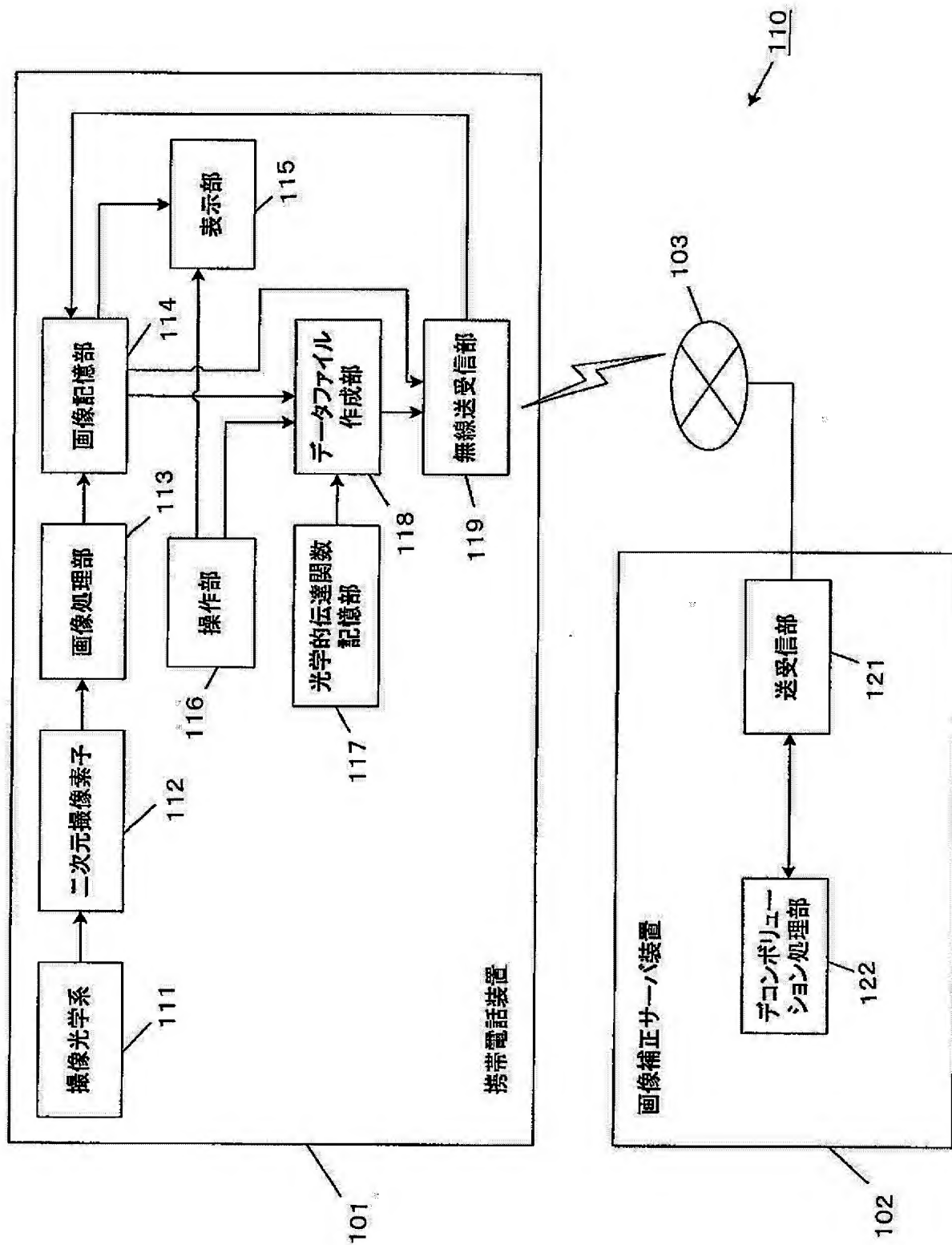
[図10]



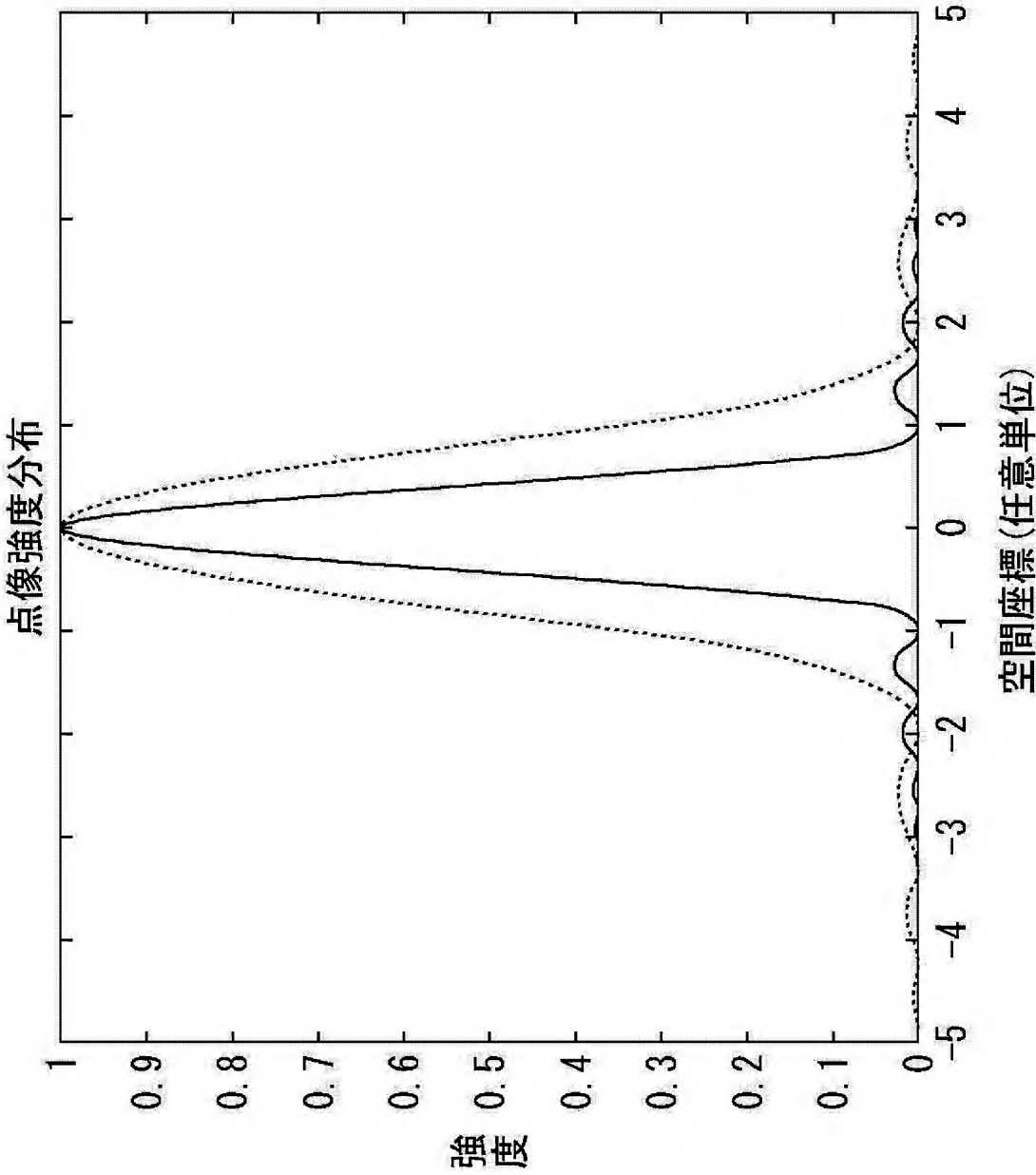
[図11]



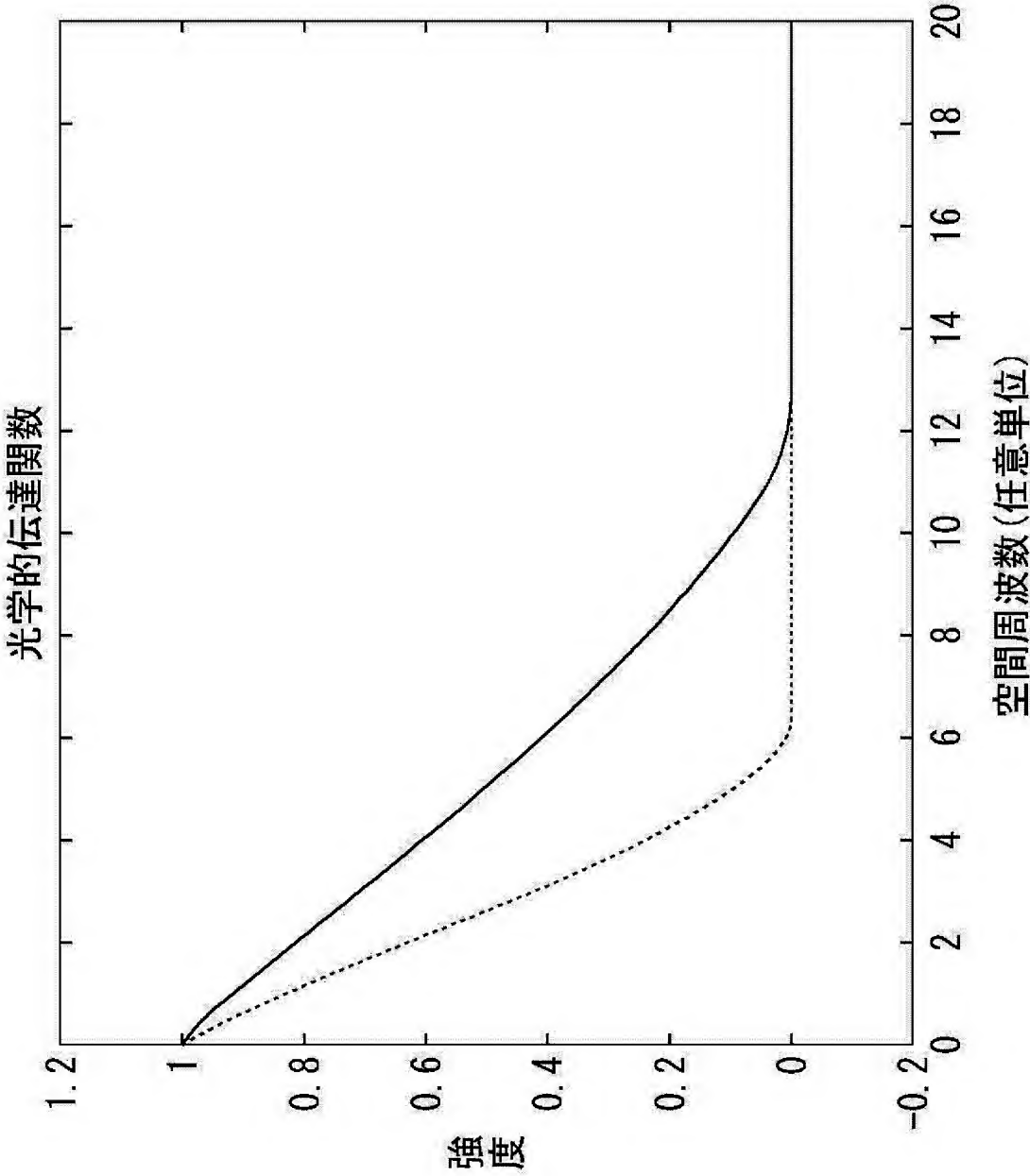
[図12]



[図13]

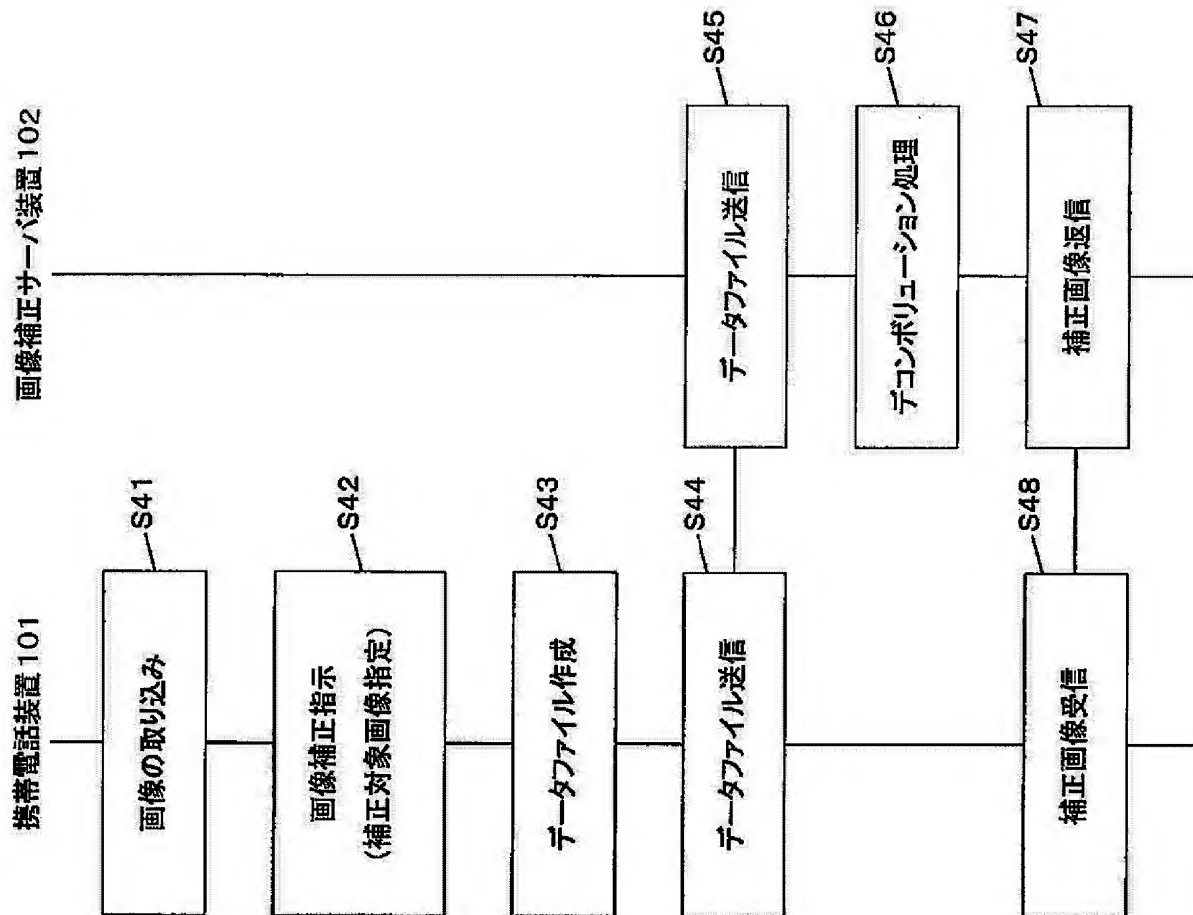


[図14]

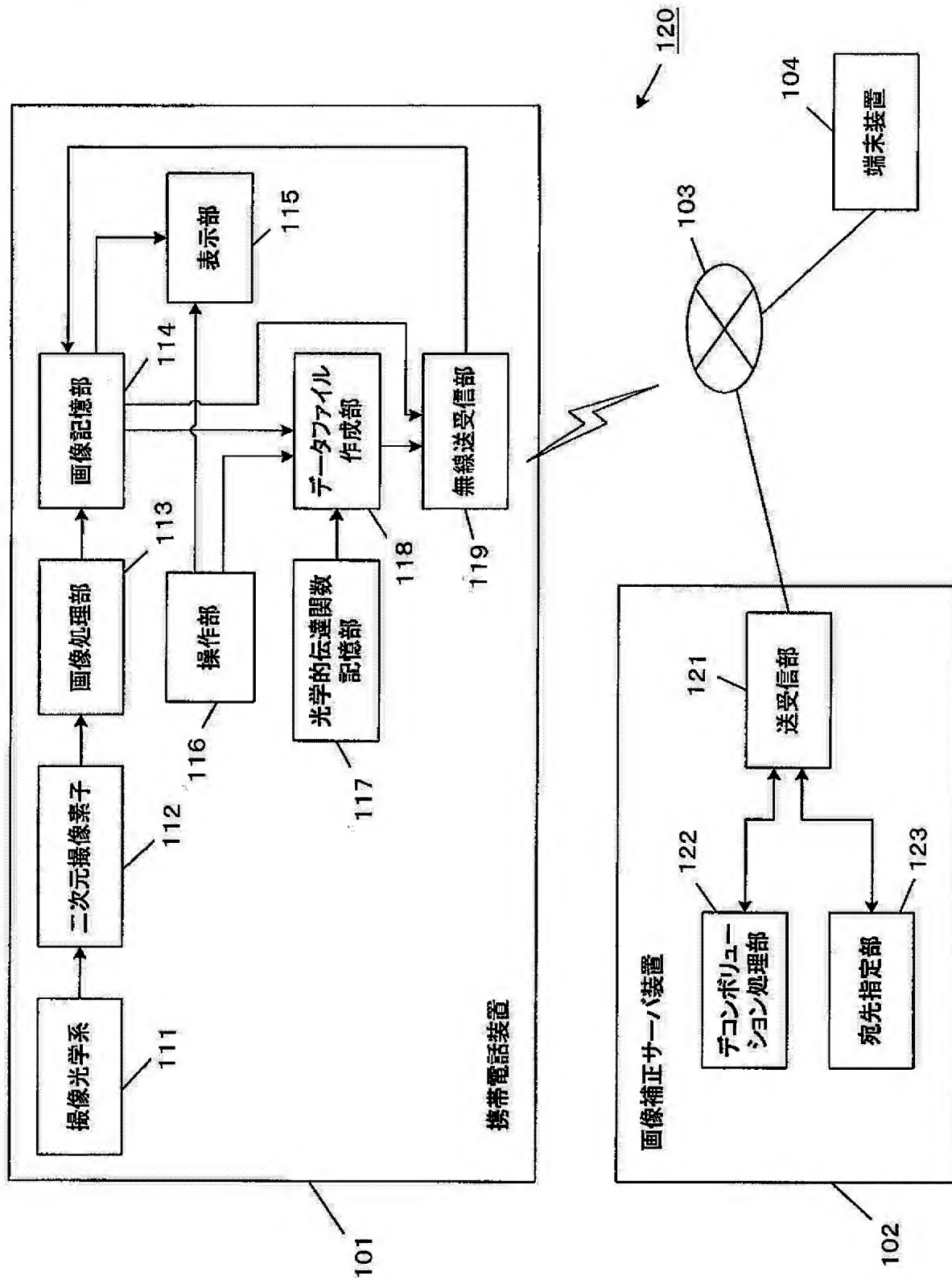




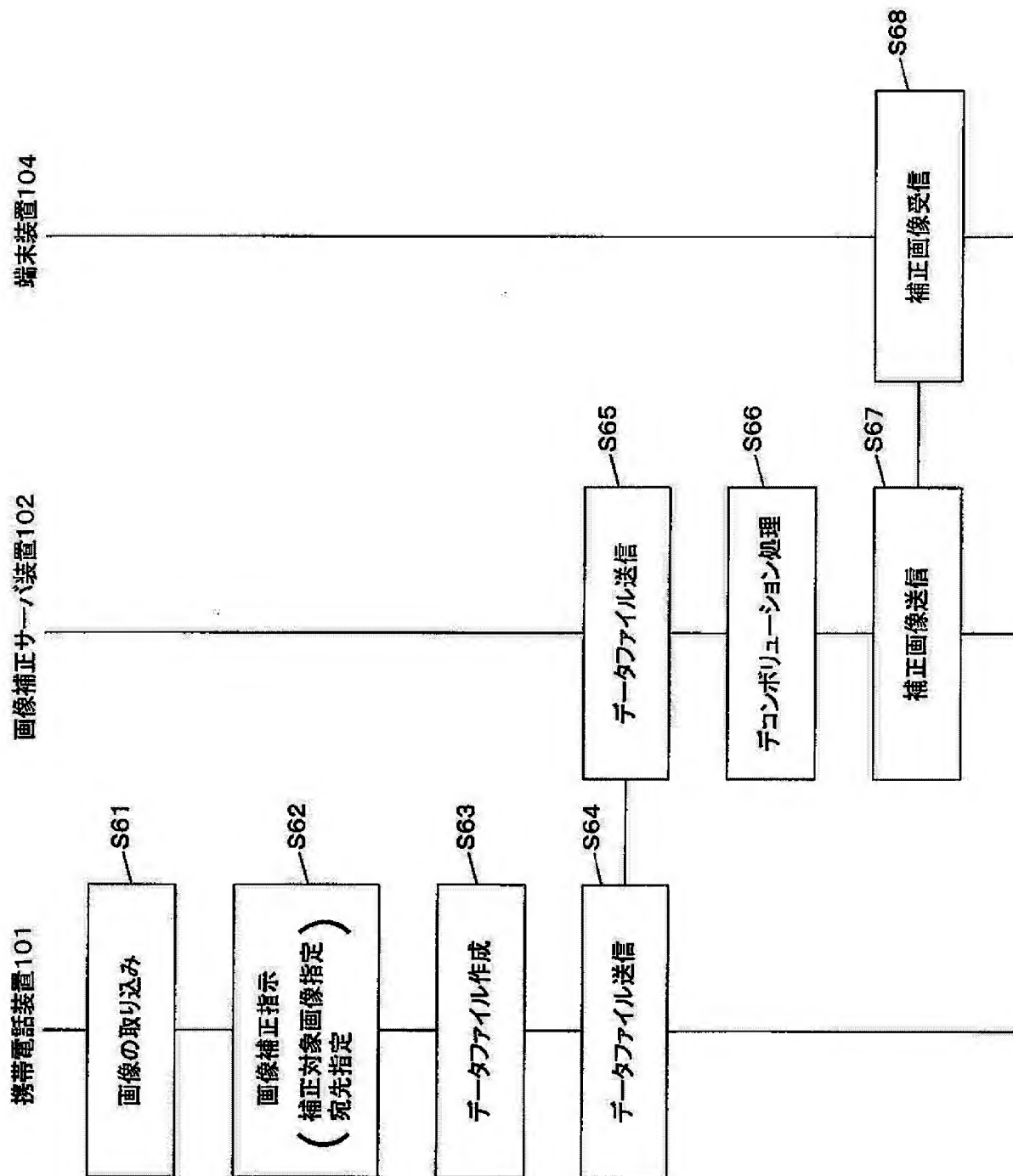
[図15]



[図16]

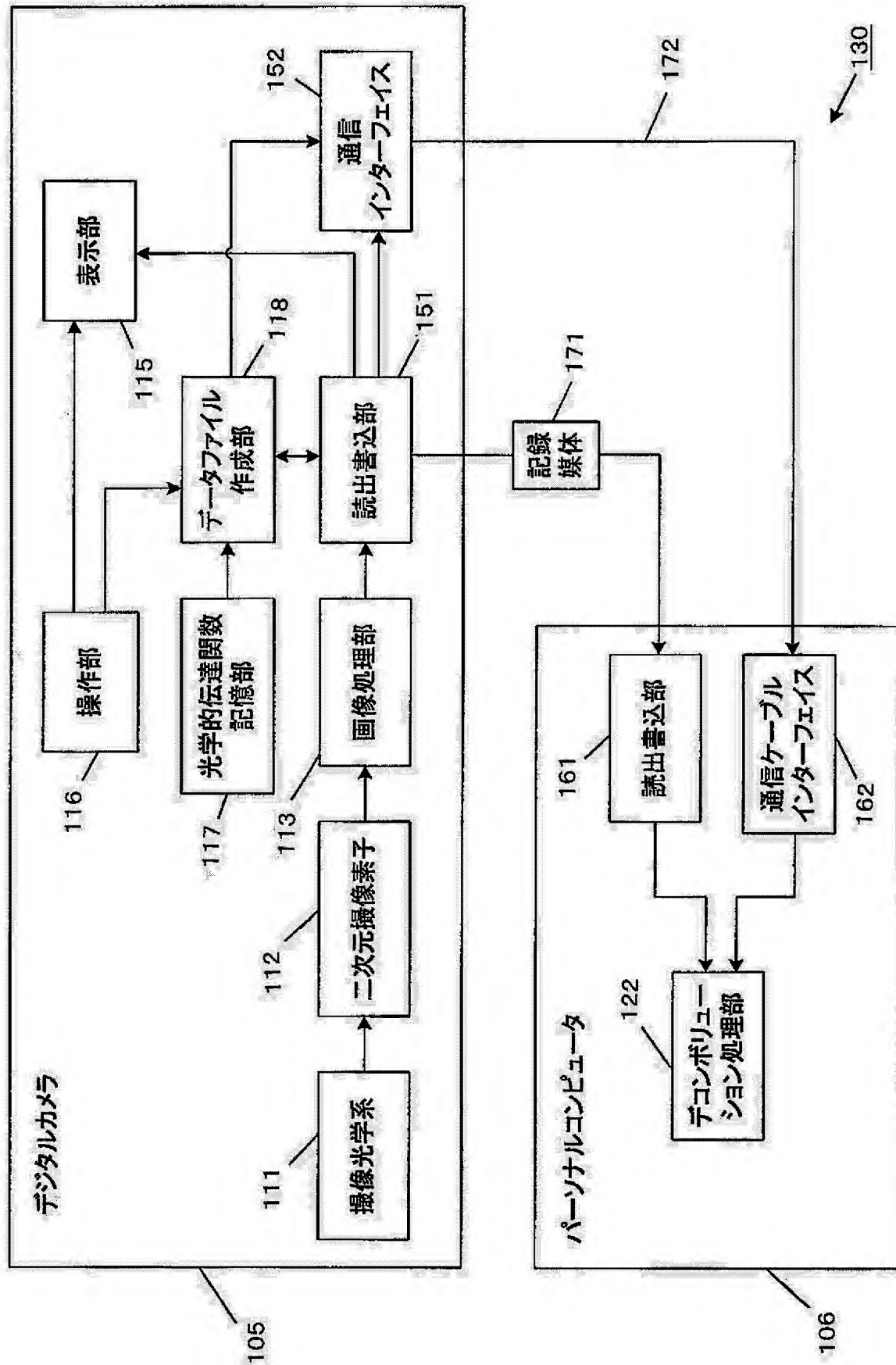


[図17]

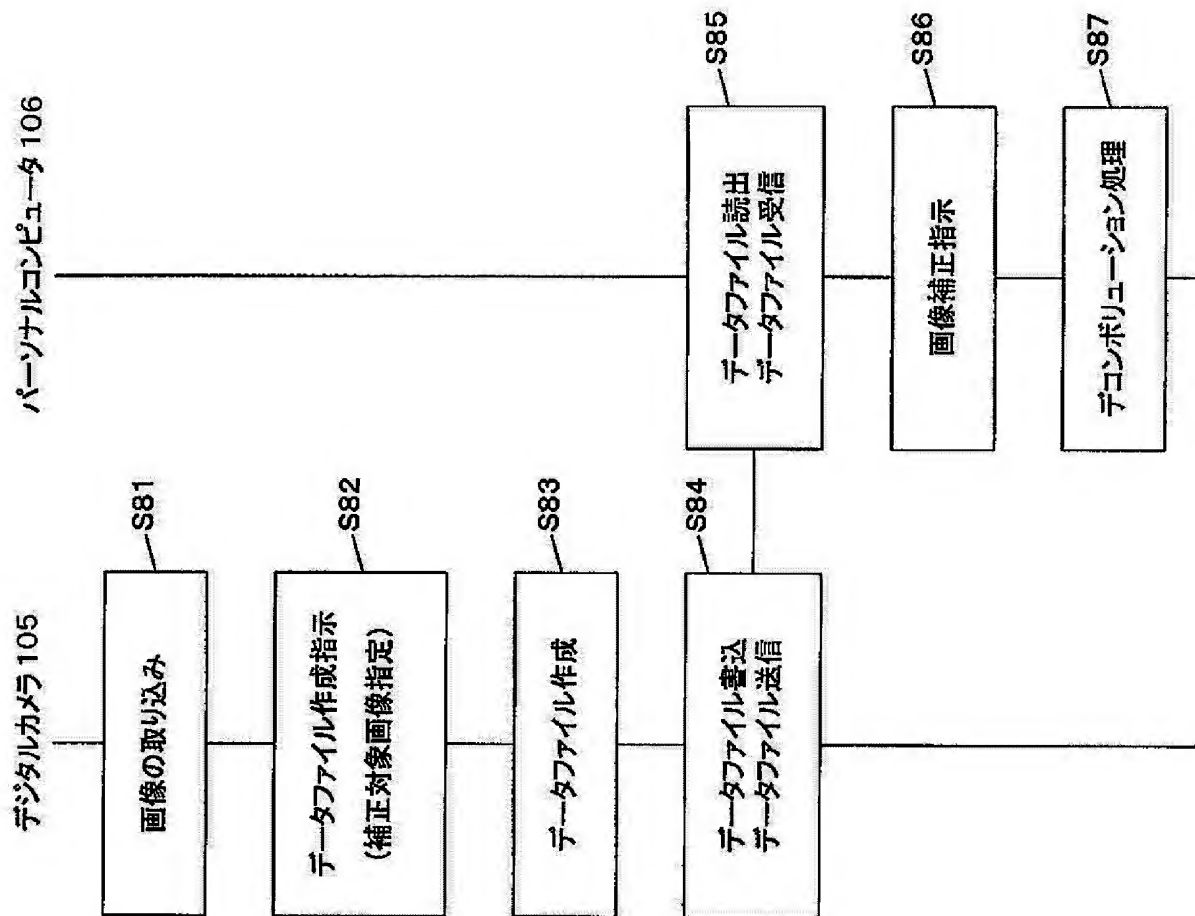


[図18]

17/18



[図19]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000289

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H04N5/232, G06T3/00, H04N5/225//H04N101:00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H04N5/232, G06T3/00, H04N5/225

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 99/67743 A1 (Yoshikazu ICHIYAMA), 29 December, 1999 (29.12.99), Page 11, line 23 to page 131, line 1; Figs. 10, 11 (Family: none)	14-23 1-13
A	JP 11-205652 A (Yoshikazu ICHIKAWA), 30 July, 1999 (30.07.99), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-23
A	JP 2002-24816 A (Yokokawa Denki Kabushiki Kaisha), 25 January, 2002 (25.01.02), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1-23



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May, 2005 (12.05.05)

Date of mailing of the international search report

31 May, 2005 (31.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2005/000289

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2004-328506 A (Sony Corp.) , 18 November, 2004 (18.11.04) , Full text; Figs. 1 to 20 (Family: none)	1-23

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2005/000289

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

I. Claims 1-13 relate to a measuring method for optical transfer function characterized by comprising the scanning step of emitting an irradiation light from a light source and scanning the irradiation light on an element to be measured out of imaging elements of an imaging camera in which an imaging optical system and the imaging elements are formed integrally, the photoelectric conversion step of sequentially converting the irradiation light into electrical signals at the element to be measured and outputting the electrical signals as the result of the scanning of the element to be measured in the above scanning step, (Continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.



Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

and the computing step of computing optical transfer function used for restoring the deterioration of an image generated by the imaging camera based on the output electrical signals in the photoelectric conversion step by a deconvolution processing.

II. Claims 14-21, 23 relate to a image correcting method characterized by comprising the step of correlating an image produced by imaging an object by a digital imaging device with deterioration cause information for correcting the image deteriorated due to the imaging means of the digital imaging device, for outputting from the digital imaging device, and the step of deconvolution-processing, at an image correction server device, the image output from the digital imaging device by using the deterioration cause information correlated with the image.

III. Claim 22 relates to an image correction system having a digital imaging device and an image correction server device, characterized in that the digital imaging device comprises an imaging means for generating an image by imaging an object, a means for designating the transmission destination of a corrected image, and a transmitting means for correlating the image generated by the imaging means with transmission destination information indicating a transmission destination designated by the designating means, for transmitting to the image correction server device, while the image correction server device comprises an image correcting means for deconvolution-processing the image output from the digital imaging device to obtain the corrected image, and means for transmitting the corrected image obtained by the image correcting means to a transmission destination indicated by the transmission destination information correlated with the image.

These three invention groups are not considered to be a group of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H04N5/232, G06T3/00, H04N5/225 // H04N101:00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H04N5/232, G06T3/00, H04N5/225

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	WO 99/67743 A1 (市山義和) 1999.12.29, 第11頁第23行-第131頁第1行、第10,11図 ファミリーなし	14-23 1-13
A	JP 11-205652 A (市川義和) 1999.07.30, 全文、第1-7図 ファミリーなし	1-23
A	JP 2002-24816 A (横川電機株式会社) 2002.01.25, 全文、第1-10図 ファミリーなし	1-23

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.05.2005

国際調査報告の発送日

31.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

5P

8322

関谷 隆一

電話番号 03-3581-1101 内線 3581

[illegible]

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

I. 請求の範囲1-13は光源から照射光を照射するとともに、撮像光学系と撮像素子とが一体となった撮像カメラの前記撮像素子のうちの被測定素子上にて前記照射光を走査する走査ステップと、前記走査ステップでの被測定素子の走査にともなう前記照射光を前記被測定素子にて逐次電気信号に変換して、前記電気信号を出力する光電変換ステップと、前記光電変換ステップにて出力された電気信号に基づいて、前記撮像カメラにて生成される画像の劣化をデコンボリューション処理により復元するために用いられる光学的伝達関数を算出する演算ステップと、を含むことを特徴とする光学的伝達関数の測定方法に関するものである。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

## 第Ⅲ欄の続き

Ⅱ. 請求の範囲 1 4 - 2 1, 2 3 はデジタル撮像装置にて被写体を撮像して生成された画像と、前記デジタル撮像装置の撮像手段に起因して劣化した前記画像を補正するための劣化要因情報とを関連づけて前記デジタル撮像装置から出力するステップと、画像補正サーバ装置にて、前記デジタル撮像装置から出力された前記画像を、前記画像に関連づけられた前記劣化要因情報を用いてデコンボリューション処理するステップと、を含むことを特徴とする画像補正方法に関するものである。

Ⅲ. 請求の範囲 2 2 はデジタル撮像装置と画像補正サーバ装置とを有する画像補正システムであって、前記デジタル撮像装置は、被写体を撮像して画像を生成する撮像手段と、補正画像の送信先を指定する指定手段と、前記撮像手段にて生成された画像と前記指定手段にて指定された送信先を示す送信先情報とを関連づけて前記画像補正サーバ装置に送信する送信手段とを備え、前記画像補正サーバ装置は、前記デジタル撮像装置から出力された前記画像をデコンボリューション処理して前記補正画像を得る画像補正手段と、前記画像補正手段にて得られた前記補正画像を前記画像に関連づけられた送信先情報にて示される送信先に送信する送信手段とを備えたことを特徴とする画像補正システムに関するものである。

そして、これら 3 つの発明群が単一の一般的発明概念を形成するように関連している一群の発明であるとは認められない。